هندسة الطرق

المهندس
أحمد حسين أبو عودة



مكتبة المجتمع العربي
للنشر والتوزيع

هندسة الطرق

هندسة الطرق

تأليف

المهندس

أحمد حسين أبو عودة

الطبعة الأولى

2014م – 1435هـ

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2010/6/2027)

625.7

ابو عودة، احمد حسين

هندسة الطرق/ أحمد حسين ابو عودة.- عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 2010.

(   ) ص

ر.إ.: 2010/6/2027

الواصفات: هندسة الطرق// الطرق الرئيسية// انشاء الطرق

الطبعة العربية الأولى

2014م – 1435هـ

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة – مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-525-68-2 (ردمك)

المحتويات

الموضوع	الصفحة

الوحدة الخامسة

اخيتار مسار الطريق

الوحدة السادسة

التصميم الافقي والرأسي للطريق

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

الموضوع	الصفحة

الوحدة الثامنة

تصريف المياه عن سطح الطريق

الموضوع	الصفحة

الوحدة الاولى

المقدمة

المقدمة:

هندسة الطرق مستعمل الطريق – المركبة – الطريق:

إن الدرجة التي يعتمد عليها اقتصادنا على الطرق غير معروفة بدقة وعلى الأغلب فإن $\left(\frac{4}{5}\right)$ التكاليف الكلية لنقل الأشخاص تعرف لشراء وتشغيل السيارات الخاصة، وان $\left(\frac{3}{4}\right)$ المسافة المقطوعة بواسطة الركاب أستخدمت السيارات الخاصة، وفي اليوم العادي $\left(\frac{3}{4}\right)$ السيارات تستخدم في الاتصال وقضاء الحاجات والتسوق، فالشاحنات هي التي تنقل البضائع غالباً، ويبلغ عددها $\left(\frac{1}{6}\right)$ عدد السيارات التي تستخدم الطريق وهذه الشاحنات تنقل في مجموع ما يعادل(60٪) من حاجيات الناس ويتم النقل عادة براً أو بحراً جواً، او عن طريق السكك الحديدية، وباستخدام السيارات وحرية التنقل بها فقد ازدادت الإعداد إزدياداً كبيراً مما أدى في المساعدة على نشوء مجتمعات محلية خارج المدينة الأم(العاصمة) أوالمدن الهامة.

وكذلك فالمصانع قد انتشرت وكبرت والأعمال قد توسعت مما أدى في الحصيلة إلى تغير واضح في أساليب الحياة والمعيشة.

والمواصلات وأساليب النقل قد ساعدت في نهوض الحركة الزراعية حيث كان المزارعون يلاقون صعوبات كبيرة في نقل بضائعهم الزراعية إلى الأسواق في مختلف انحاء القطر، نقل الطلاب إلى مدارسهم في مختلف المناحي والأرجاء وإلى مختلف أنواع المدارس الصناعية والزراعية والتجارية وغيرها، فالمواصلات قد أحدثت نقلة نوعية في جميع مناحي الحياة الاقتصادية والحياتية والمعيشية والصناعية والزراعية والسياحية،.... فالنقل على الطريق السريعة ليست كمثيلاتها للسكك الحديدية فهي ليست تحت سلطة إدارية موحدة، فقد أمتلك الأشخاص هذه المركبات وشغلوها، فالسائقون لهم الخيار في إختيار الوقت والخط والسرعة وهم يخضعون

فقط للتعليمات التي تؤمن سلامتهم وحياتهم، وبالمقابل فالحكومة في أولوياتها تشيد هذه الطرق وتشغيلها وصيانتها التي ينتقل عليها المسافرون والبضائع وغيره، وهذه الطرق تكلف الدولة $\frac{1}{10}$ موازنتها غالباً، ولذلك فعلى المهندسين ومتخذي القرارات من دراسة تشييد وصيانة هذه الطرق بأقل كلفة ممكنة مستخدمين كل الوسائل والمبادئ من حيث المسح الأرضي والجوي وجمع المعلومات من دائرة السير والمختصين وتصميم الطرق بجميع متطلباتها من انحدارات ومسارب ومستويات ومنحنيات وحواجز واشارات وعبارات وأرصفة ودراسة مواد الأنشاء المطلوبة وكذلك يتوجب تنظيم العلاقة بين السيارة والطريق ومستعمل الطريق باستصدار القوانين اللازمة.

والطريق بحاجة دائماً للدراسة والتطوير وإجراء المسوحات وغيرها وتصميم الرصفات الجيدة، لتكون قادرة على تحمل أوزان السيارات بأصنافها المختلفة، وكذلك انشاء الجسور والسيارات وما إلى ذلك.

فالعلم الذي يشمل تصميم وانشاء وصيانة الطرق يسمى هندسة الطرق (Highway Engnieing) والعلم الذي يشمل تنظيم السير على الطرق يسمى علم هندسة المرور (Traffic Engnecning) ومن الخطوات المتبعة تصميم الطريق:

- تحديد نوع المركبات وحمولاتها وعددها ودراسة حركة السير ليلاً ونهاراً وفي الأسبوع والأشهر والسنة.
- تحديد العمر التشغيلي للطريق والذي يتراوح ما بين (15- 20) سنة وحساب العدد المتوقع من المركبات، فالعدد المتوقع = العدد عند فتح الطريق (1 +٪ للزيادة السنوية المفترضة).
- تحديد السرعات التصميمية على الطرق وكيفية قياسها واستخدامها في التصميم لإختيار السرعة المناسبة على الطريق.
- تحديد درجة الطريق وعدد مساربها وعرضها ومنحنياتها وميلاناتها.

- استخدام الصور الجوية والمخططات الطبوغرافية للمنطقة المراد فتح الطريق فيها.
- وضع خطوط المضلعات المفتوحة.
- دراسة الخطوط ووضع النقاط عليها وتعديلها لتتناسب مع طبيعة الأرض المراد اقامة الطريق عليها، من المساحات المختلفة وعمل القطاعات الطولية والعرضية و........
- رسم المخططات الكنتورية وإجراء تعديلات نهائية على الخطوط أعلاه.
- رسم المنحنيات بين الخطوط.
- تثبيت خط الطريق النهائي.
- أخذ ميزانية طولية وعرضية دقيقة على مسار الخط النهائي.
- إجراء التصميم الرأسي للطريق وتصميم مقاطع الطريق، وتصميم المنشآت الإضافية اللازمة.
- فحص المواد التي سيتم استخدامها لإنشاء الطريق.
- تصميم المقاطع العرضية وتحديد عدد المسارب والجزر والاكتاف وما يلزم الطريق.
- حساب كميات الردم والقطع وحساب الكميات من(Mass Hall Diagram).
- تصميم رصفة الطريق وتحديد أنواع وسماكات الرصفات.
- تصميم التقاطعات على الطريق أن لزم.
- تخطيط الطريق وما يلزم من أشارات مرور وعلامات مرور إرشادية والإنارة وتوزيعها.
- تحديد أماكن الجزر وفتحاتها والأقنية والحواجز الجانبية.
- دراسة جدوى الأقتصادية للطريق.
- دراسة خصائص المركبات المارة على الطرق من حيث أحمالها واطوالها وعدد محاورها وعجلاتها وسرعاتها......

الوحدة الثانية

أنظمة النقل

Transportation Systems

أنظمة النقل
Transportation Systems

أنظمة النقل متنوعة منها:

- النقل البري بالسيارات والشاحنات.
- النقل البحري والنهري بالسفن والقاطرات النهرية.
- النقل بواسطة السكك الحديدية بالقطارات(شحن وركاب).
- النقل بواسطة الأنابيب.
- النقل الجوي والشحن بالطائرات.

ولكل نظام من هذه الأنظمة مستلزماته من حيث الدراسة والتصميم مع بعض الاختلافات في التطبيق، وأهم ما في هذه الأنظمة هو توفير المال اللازم لإنشاء البنية التحتية أولاً ثم شراء الآليات بأنواعها المختلفة ولأعمال الصيانة.

ففي النقل البري مثلاً تحتاج إلى مسح طبوغرافي وجوي ثم دراسة ثم الاستملاكات أن لزم دراسة الجدوى ثم التصميم والتنفيذ والصيانة بعد ذلك وهكذا لكل نوع من أنواع أنظمة النقل.

وتقسم أنظمة النقل بالنسبة إلى:

- مجال التشغيل: داخلي وخارجي.
- مجار المسار: مائي – بري – مشترك.
- القوى المحركة: بشري – قوى الطبيعة – كهرباء – مشتقات البترول.
- نوعية الخامة: ركاب – بضائع أو كليهما.
- طبيعة الخام النقل: خاص – عام.

أنواع الطرق:

تقسم الطرق إلى أنواع عديدةحسب أهميتها واستعمالاتها وسعتها، فمنها :

- الطرق السريعة: التي تربط ما بين الأقطار وكذلك المدن الكبيرة مثل العواصم.
- الطرق الرئيسي: وهي التي تربط المدن الخارجية بالعاصمة.
- الطريق الثانوي/الفرعي: وهو الذي يصل بين المدن الصغيرة.
- الطريق الدائري: وهو طريق محلي يلتف حول المدينة.
- الطريق الزراعي: وهو يربط القرى ببعضها البعض.
- الطريق السياحي: يربط القرى والمدن بالمناطق السياحية.

وتصنف الطرق أيضاً بالنسبة للمسارب:

طريقة ذومسرب واحد: يربط القرى ببعضها والمناطق قليلة التعداد.

طريقة ذومسربين: وهو طريق ذو اتجاهين يمكن أن يكون مفصولاً بجزيرة أو خندق أوغيرمفصول ولايتجاوز عرض المسرب الواحدالمزفت عن(4)م ويشكل هذا النوع السمة الغالبة للطرق في منطقتنا ويجب أن يتوفر فيه مسافة رؤيا واضحة بحيث يوفرحركة التجاوز بحرية أكثر وعادة ما يتوفر على هذه الطرق عناصر الأمان والإرشادات التحذيرية الواضحة.

وفي المناطق التي تسير عليها شاحنات بكثرة يوسع عرض الطري بمسرب إضافي يسمى مسرب التسلق (Climbing lame)، تلجأ إليه الشاحنات حينما تكون سرعاتهابطيئة فتعطل حركة السيارات الأخرى وتسبب الإزدحام ويمكن السيارات الأخرى من التجاوز بسهولة.

طريق ذي ثلاثة مسارب: حيث تكون كثافة السير عالية لا يتسعها الطريق ذو المسربين فيلجأ إلى هذا النوع من الطرق.

طريق ذي أربعة مسارب: وتستخدم في الطرق الخارجية غالباً وللطرق ذات السرعات العاليةحيث يمكن التجاوز بسهولة وتتسع لأكبر عدد من السيارات وغالباً للطريق ذو الثلاث مسارب أوالأربعة ما يوجدجزر أوحواجز وفتحات للالتفات على مسافات وعلامات وخطوط على هذه الطرق.

وتصنف الطرق ايضاًحسب التصميم:

- **طريقة الدرجة الأولى:** تمتاز باتساع منحنياتها وعرض وعدد مساربها وقليلة الميل واكتافها عريضه وهذه غالباًما تكون السرعات عليها عالية.
- **طريقة الدرجة الثانية:** المنحنيات أقل أتساعاً وعرضا وعددمساربها اقل وانحداراتها أكبر والسرعات عليها أقل من الدرجة الأولى السعة الكاملة بإتجاه واحد(2000) مركبة/الساعة او1000 مركبة/الساعة باتجاهين.
- **طريقة الدرجةالثالثة والرابعة:** ففيهاانحناءات كثيرة ولا تراعى فيها السعة، وعدد مساربها أقل والسرعات عليها متوسطة وقليلة وسعة المسرب الواحد(2000) مافر/ساعة.
- **الطرق السريعة (Highways Roads):** تتميز هذه الطرق بـ:

أ. الوصول إلى الطريق أن كان سهلاً أوصعباً دخولاً وخروجاً من نقاط محددة.

ب. يمنع قطع والمرور من هذه الطرق وتبنى الحواجز للحفاظ على ذلك.

ج. لتبني التقاطعات للمحافظة على السرعة على هذه الطرق.

د. يبني عليها مداخل ومخارج خاصة من وإلى الطريق بحيث لا تؤثر على حركة السير على الطريق،

ومن أنواع هذه الطرق:

- طرق محددة الوصول: تحتاج إلى مسارب تسارع وتبطؤ وتقاطعات متبادلة ومفصولة.
- طرق محددة الوصول بشكل جزئي مع وجود طرق جانبية للربط.
- طرق مفتوحة وبطيئة السرعة.

مما سبق يتوجب دراسة أنسب الوسائل بالنسبة للمرافق الاقتصادية وتحديد احتياجات هذه المرافق من وسائل نقل مختلفة ثم تشجيع الوسيلة المناسبة وتطويرها في كل حالة مع التنسيق بين هذه الوسائل ولذلك لا بد من دراسة ما يلي:

أ. دراسة خصائص وسائط النقل الداخلية.

ب. التنسيق بين وسائط النقل الداخلي والخارجي.

ج. متطلبات الزراعة من حيث موسمية الإنتاج الزراعي ومتطلبات النقل وكذلك نقل الثروة الحيواني.

الوحدة الثالثة

المركبة على المنحنيات

التعلية وقوة الطرد المركزية:

(Super elevation) & (Centnfagal free)

حينما تسير السيارة على منحنى أفقي تبقى السيارة على هذا المنحنى بواسطة الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق ومجموع قوى الاحتكاك (F_R, F_L)، في الشكل (1- 3) تساوي القوة الطاردة المركزية $\frac{W_{v^2}}{gR}$ وإذا استخدمنا معامل الاحتكاك f والقوى العمودية بين العجلات وسطح الطريق فتصبح العلاقة:

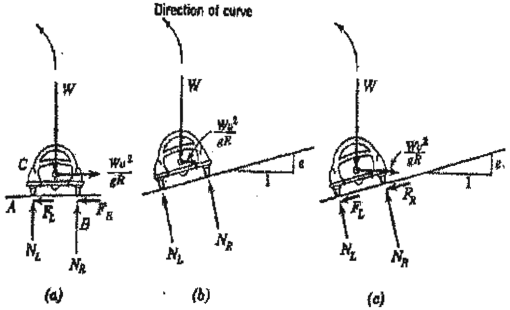
$$\frac{W_{v^2}}{gR} = (N_L + N_R)t = Wt$$

فحين استخدام وحدات السرعة بالميل/الساعة وخفضت المعادلة، فإن العلاقات بين معامل الاحتكاك والسرعة ونصف القطر هي: $f = \frac{V^2}{15R}$

وتؤثر القوة الطاردة المركزية على سطح الطريق خلال مركز الجاذبية للسيارة (الشكل 1- 3) وتخلق قوة عزم انقلابية حول نقاط التماس معين العجلات السيارة الخارجية وسطح الطريق(النقطة B) والذي يقاوم الانقلاب هو العزم الناتج عن وزن (W) الذي يؤثر إلى أسفل خلال مركز الجاذبية وعليه تكون عزم الانقلاب صغيراً، ونتيجة لهذا فأن السيارة ستنزلق إلى الداخل عوضاً عن الخارج، وكثيراً من المركبات(القلابات والشاحنات) لها مركز جاذبية كبير لدرجة تشكل عزماً انقلابياً وعليه يمكن ان تنقلب قبل ان تنزلق.

مقاطع المنحنيات للطرق الحديثة غالباً ما تكون مرتفعة أي أن سطح الطريق قد أميل إلى أعلى قليلاً باتجاه خارج المنحنى وبهذه الطريقة فإن إمكانية أن تنزلق المركبة إلى الخارج أو تنقلب يمكن التغلب عليها كلياً.

ولكل نصف قطرمنحنى وسرعة: انطلاق تعلية خاصة توازن القوة الطاردة المركزية، وفي الحالة النموذجية فإن الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق يعمل في اتجاه عمودي على سطح الطريق، القوى التي تؤثر على المركبة مبينة كما في الشكل(b 1- 3).



Forces acting on motor vehicles traveling in curved paths

الشكل رقم (3- 1)

والعلاقة بين التعلية والسرعة ونصف قطرالمنحنى يعبرعنها بالأقدام والثانية كما يلي:

$$\frac{\ell}{1} = \frac{WV^2 / gR}{W}$$

حيث ℓ هو ارتفاع التعلية بالأقدام لكل قدم طولي لعرض الطريق، وبالتعبير عن السرعة بالميل/الساعة تصبح المعادلة: $\ell = \frac{V^2}{15R}$ وعندانطلاق السيارة بسرعة أكبرمن تلك التي عندها توازن التعلية كل القوة الطاردة المركزية فإن الاحتكاك

مطلوب ليبقى المركبة داخل خط المنحنى والقوى المؤثرة على المركبة مبينة في الشكل(IC- 3) ومعامل الاحتكاك لناتج حين تمر السيارة على خط المنحنى هو:

$$f = \frac{V^2}{15R} - \ell$$

وأكبر معامل للاحتكاك على سطح جاف يحدد بإختيار دائرة أو منحنى غالباً ما يتراوح ما بين(0.4 – 0.5) وبعض الاحيان فإن معامل احتكاك اقل قد يتولد على سطح طريقة مبتل.

وعلى أي حال فإن حالة الانزلاق لا تحدث للسائقين على الطريق إلا إذا كان السطح متجمداً(جليت) أو طينياً وحسب مواصفات (AASHO) فإن المعامل الأقصى للاحتكاك على الجوانب يبلغ(0.16) لسرعات حتى 60 ميل/الساعة، عند (14.0) لسرعات عند(0.14) لسرعات(70) ميل/الساعة.

أن تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات المتحركة ببطء نسبياً قليلة وحين تسافر هذه المركبات حول منحنى تعلية فإن قوة الاحتكاك الجانبية والتي تؤثر إلى خارج مركز المنحنى يجب أن تتكون بين العجلات وسطح الطريق والاستنزلق المركبة إلى الداخل وللمركبات المتوقفة ليس هناك قوة طاردة مركزية وفي هذه الحالة يكون معامل الاحتكاك الجانبي يجب أن يساوي التعلية.

وحيث أن التعليات تستخدم كثيراًبطول استخدام الطريق يجب أن لا تزيد التعلية أبداً عن أقل معامل احتكاك يتولد في أسوا الظروف الجوية.

وأكبر تعلية يسمح بها مواصفات AASHO هي(0.12) قدم لكل قدم، وإذا كان الثلج والجليد متواجداً فهذه التعلية تنخفض إلى(0.08) قدم لكل قدم، وفي الاستخدام فإن تعلية بمقدار (0.16) قدم/قدم برهنت على كفاءتها خاصة عند مسارب النزول حيث تصميم لسرعات أعلى منها لمسارب الصعود عند التقاطعات.

- الاحتكاك (Friction):

أسباب الاحتكاك:

أ. من الانضغاط المباشر بين عجلات السيارة وسطح الطريق وهذا الانضغاط يحدث تلامساً يتراوح ما بين(15- 20) سم2 ويتناسب التلامس طردياً مع ازدياد وزن السيارة وقلة الهواء في العجلات.

ب. من دوران العجلات على حصمة الطريق(حسب نوع سطح الطريق) حيث نرى كثيراً من الأحيان دخول هذه الحصمة داخل فرزات العجلات، فعند دخول وخروج هذه الحصمة يتولد الاحتكاك.

العوامل التي تؤثر على الاحتكاك(زيادة أو نقصاً):

أ. صغر قطر العجل(قطرالجنط) فكلما صغر زاد عدد لفات العجل والعكس صحيح.

ب. قلة ضغط الهواء في العجلات(تنفيس العجلات).

ج. الظروف الجوية ففي الأجواء الباردة يكل الاحتكاك حيث تعمل رطوبة الماء على تبريدالعجلات.

د. قدم أوحداثة العجلات، فالعجلات المهترئة يكون احتكاكها مع السطح أكثر، وأفضل الاحتكاك حينما يكون سطح الطريق جافاً فيكون التلامس بين العجلات وسطح الطريق ممتازاً، أما إذا كانت هناك تمنع التلامس الجيد مثل تواجد المياه على سطح الطريق حيث تتشكل طبقة رقيقة من المياه بين العجلات وسطح الطريق تقلل من الاحتكاك ولذلك عملت مصارف المياه على سطح الطريق تلافياًلحدوث الحوادث كالصدم – الانحراف – التزحلق على سطح الطريق.

ويعمل المرور المستمر على سطح الطريق إلى اهتراء سطح حبة الحصمة في طبقة سطح الطريق فتصبح ملساء وهذا يسبب نقص في الاحتكاك بين عجلات السيارة وسطح الطريق وبالتالي يؤدي إلى انزلاقات بوجود طبقة ماء فوق السطح.

وتلعب السرعة دوراً في الاحتكاك فكلما قلت السرعة كلما زاد الاحتكاك والعكس صحيح.

توسيع الطريق عند المنعطف(المنحنى) (Curve widening):

لتلافي الحوادث على الطرق فيزاد عرض الطريق كلما ازدادت السرعة ولذلك نرى الطرق الخارجية دائماً أعرض في الطرق الداخلية، ولتلافي الحوادث عند المنحنيات فلا بد عن توسيع الطريق عند المنحنيات وهذا يسهل على السائق الدخول إلى هذا الطريق بنفس السرعة تقريباً التي كان يسير بها على الطريق المستقيم؛ والجدول رقم (3- 1) يبين ذلك:

الجدول رقم (3- 1)

علاقة نصف قطر المنحنى بعرض الطريق

نصف قطر المنحنى (م)	عرض الطريق 6م السرعة (30- 60) كم/الساعة)	عرض الطريق (6.6م) السرعة (50- 80) كم/ الساعة	عرض الطريق (7.2) م السرعة (50- 80) كم/ الساعة.
60	1.8	1.4	-
80	1.4	1.1	-
100	1.2	0.900	0.6
150	1.1	0.8	0.6
200	1.00	0.7	0.6
300	0.80	0.6	-
500	0.70	0.6	-
1000	0.60	-	-

ويحاول السائقون الابتعاد عن حافة المنعطف الخارجية حين السير على هذا المنحنى/المنعطف، وأيضاً فإن العجلات الخلفية وخاصة للمقطورات لا تتبع تماماً رأس المقطورة، وتعمد بعض الجهات المتخصصة لتوسيع المنحنى عند الالزوايا الحادة للمنحنى وليست هناك توصيات من قبل الـ AASHO لتصميم الطرق ويختلف مقدار التوسيع وفقاً للجهات المختصة بذلك في كل قطرة، ويقول بارنت أن المحالة التي يجب اتباعا للتوسيع هي: $W_d = \eta\left(R - \sqrt{R^2 - 400} + \frac{V}{\sqrt{R}}\right)$

حيث W هي التوسعة بالقدم.

N عدد المسارب التي ستوسع.

ويقترح ان لا يكون هناك توسعة على طريق ذات مسربين إذا كانت W من القانون اقل من (2) قدم وإذا استخدم هذه القاعدة فلن يكون هناك توسيع على منحنى منبسط أكثر من (4) درجات السرعة تصميمه مقدارها (70) ميل/السرعة، (5) درجات السرعى (60) ميل/السرعة، (6) درجات السرعة (50) ميل الساعة وإذا لم يستخدم منعطفات/منحنيات الإزاحة (Formation Curves) فإن التوسعة يضاف إلى الحافة الداخلية للمنحنى الطرق، وإذا استخدمت منحنيات الإزاحة؟؟ منحنيات لإزاحة نصف التوسعة إلى الحاجة الداخلية والنصف الأخر إلى الحافة الخارجية للطريق، أو كامل التوسعة الحافة إلى الداخلية للمنحنى.

مسافة الرؤية (الرؤيا) (Fight Distance):

مسافة المرور غير المرئية في بعض الأحيان تسقط أشياء ثقيلة على سطح الطريق/من شاحنات أوناقلات كبيرة فتحدث أثراً خطيراً لسائقين المركبات وفي الأحيان تصطدم بالمركبات اللاحقة وتحدث الضرر لسائقيها أيضاً، لذا الوقوف بل اصطدامها بمركبته أو به، وكذلك فإنه من غير المناسب أن نقول أن المركبة تستطيع تفادي ذلك بترك المسرب الذي تسير عليه حيث يتسبب هذا في فقدان السيطرة أو الاصطدام بمركبة أخرى.

في تصميم الطرق السريعة فإن أصغرمسافة أمنة للوقوف تعرف بمسافة المرور غي والمرئية ومسافة المرور غيرالمرئية هي مجموعة مسافتين المسافة الأولى هي المسافة المقطوعة بعد رؤية الهدف أو العائق ولكن قبل استدام السائق للمكابح (البريكات) خلال زمن فترة الإدراك وردة الفعل فإن المركبة تسيربالسرعة المصححة.

والمسافة الثانية هي التي قطعهاالسائق بينما ضغط على المكابح لإيقاف مسافة زمن الإدراك + مسافة درة الفعل بالقدم = t_v = (1.47) t_v، مسافة الوقوف بالقدم = $\frac{V^2}{2gt} = \frac{V^2}{30f}$

حيث V = السرعة المصممة قدم/الثانية

V = السرعة المصممة ميل/الساعة

t = وقت الاستقبال + وقت ردة الفعل

g = الجاذبية الأرضية قدم/ثانية$^{(2)}$

F = معامل الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق.

الجدول رقم (3- 2) يعطي يتم معتمدة من قبل الـ AASHO لوقت الإدراك ووقت ردة الفعل ومعامل الأمان للاحتكاك وعلاوة على ذلك فغنه تعطي الإجابات نتيجة لتعويض هذه القيم في المعادلات أعلاه، وبخصوص القيم المطلوبة لزمن الإدراك الفعل لأنه يجب ملاحظة أن كلها ولكن أطولها هي أقل بـ (30) ثواني من المعدل الموجود في فحص السواقين ومعامل الاحتكاك المستخدم بما يحتويه من عامل السلامة يفترض أن سطح الطريق خالٍ من الطين والثلج وأن المكابح بحالة جيدة.

ويجب الأنهاء إلى أن مسافة المرور غير المرئية المنصوص عليه تمثل الأقل ما يمكن التي تحتها يكون التصميم غير آمن.

- مسافة المرور المرئية (Passing Sight Distance):

على الطرق ذات المسارات الثنائية والثلاثية فإن إمكانية مرور مركبات متحركة ببطء يجب السماح لها على فترات فقط وإلا فإن سعة الطريق ستقل والحوادث تزيد حيث أن حبر بعض السائقين ينفذ ويتجاوزن حينما يكون التجاوز ليس آمناً.

اقل مسافة أمامية التي يجب أن تكون واضحة لتسمح بالمرور الآمن تسمى مسافة المرور المرئية واقل مسافة مرور مرئية حسب مواصفات الـ (AASHO) معطى في الجدول(3- 2) لإستخدامها في التصاميم النموذجية.

MINIMUM SAFE PASSING SIGHT DISTANCES

From AASHO Design Standards

Safe Passing Minimum, Feet

Design Speed, Mph	2-Lane		3-Lane *	
	Desirable	Absolute	Desirable	Absolute
30	600	500		
40	1100	900		
50	1600	1400	1100	900
60	2300	2100	1500	1300
70	3200	2900	2000	1800

* Based on assumption that two vehicles are being passed.

جدول رقم (3- 2)

ولطريق سريع ذو مسربين فالمسافة المرور المرئية تتحدد بمجموع ثلاث مسافات:

d_1 = المسافة المقطوعة خلال وقت أو زمن الإدراك.

d_2 = المسافة المقطوعة بواسطة العربة أثناء التجاوز.

d_3 = المسافة المقطوعة للعربة المقابلة أثناء عملية التجاوز.

والافتراض مبين على سرعة العربة المتجاوزة والعربة المقابلة، وسرعة وتسارع العربة المتجاوزه والمسافة بين التجاوز والعربة المتجاوزه على النتيجة النهائية.

ولطريق سريع ذو ثلاث مسارب فأنه يفترض أن العربة المتجاوزه ستجاوز بسهولة عن محور الطريق وعليه فإن (d_3) أي المسافة المقطوعة بواسطة العربة المقابلة يمكن أهمالها.

ويفترض مرور وتجاوز شاحنتين وليس شاحنة واحدة.

ومتطلبات مسافة المرور المرئية لا تنطبق على الطرق السريعة ذات الأربع مسارب حيث أن عملية التجاوز لا يجوز أن تتم في مسارات مشغولة بالشاحنات التي تسير بالأتجاه الأخر.

وفي تقدير مسافة المرور الآمنة على طريق ذو مسرفين فإن الافتراضات التالية والملاحظات على تعرف السائقين كانت كالتالي:

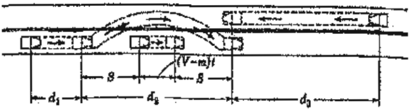
أ. تسير السيارة التي يتم التجاوز عنها بسرعة منتظمة.

ب. السيارة التي ستتجاوز تجبر أن تسير بنفس السرعة للسيارة المتجاوز عنها عند عبور مقطع الطريق حيث مسافة المرور المرئية غير آمنة للتجاوز.

ج. عند العبور إلى الجزء الآمن المقطع من الطريق الآمن وتتضح الطريق أمام السائق فإن سائق السيارة المتجاوزة يحتاج إلى وقت قصير (وقد استدراكي) ليتفحص الوضع كاملاً ويراقب السير لمعاكس ويقرر ما إذا كان ممكنا التجاوز أولا.

د. يتم التجاوز بزيادة السرعة خلال العملية كلها. يظهر السير المعاكس للسيارة في اللحظة التي تتم فيها مناورة التجاوز ولمر من الوصول إلى جانب السيارة المتجاوزة في الوقت الذي عنده اكتمال المناورة.

الشكل(3- 2) يبين التعاريف، القوانين، القيم المقدرة لمسافة المرور المرئية الفريق ذات مسربين وثلاثة مسارب مبينة على الافتراضات السابقة وتعطي كذلك السرعة التصميمين التي تتراوح ما بين(30- 70) ميل/الساع



V, Assumed mph, design speed	30			40			50			60			70		
m, Difference between V and speed of passed vehicle, mph	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
V − m, Speed of passed vehicle, mph	20	15	10	30	25	20	40	35	30	50	45	40	60	55	50
S = V − m + 20, Spacing, ft	40	35	30	50	45	40	60	55	50	70	65	60	80	75	70
a, Acceleration rate, mph per sec	3.5	2.9	3.2	2.1	2.3	2.6	1.7	1.9	2.1	1.3	1.4	1.7	1.0	1.1	1.3
$t = \sqrt{2.73S/a}$, Time, sec	6.5	5.7	6.0	8.1	7.3	8.5	9.8	8.9	8.1	12.1	11.3	9.8	14.8	13.8	12.1
$d_1 = 4.4(V - m)$, ft	88	88	44	132	110	88	176	154	132	220	198	176	264	242	220
$d_2 = 2S + 1.47(V - m)t$, ft	276	198	134	485	258	270	696	505	465	1079	870	686	1460	1258	1028
$d_3 = 1.47Vt$, ft	265	251	220	475	435	382	719	684	594	1062	1000	963	1523	1400	1246
$d = d_1 + d_2 + d_3$, ft	563	513	408	1062	907	740	1066	1076	1133	2316	2074	1785	2339	2859	2492

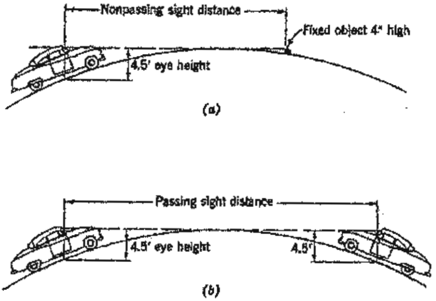
For three-lane highways d_3 is dropped and $d = d_1 + d_2$.

When $d = d_1 + d_2$, ft	368	291	178	587	468	358	872	759	587	1248	1094	872	1724	1498	1248

Diagram and typical computations for passing sight distance (Courtesy Arizona Highway Department)

شكل رقم (3- 2)

مسافة المرور وغير المرئية على قمة المنحنى (Non passing Sight Distance crest)، الشكل رقم(3- 9/3) بين الطريق المسموحة لقياس مسافة المرئية وغير المرئية على القمة وتعرف هذه المسافة بإنها أطول مسافة التي عندها يري سائق عينة على ارتفاع(4.5) قدم على سطح الطريق تستطيع أن يرى قمة هدف مقداره(4) على الطريق.



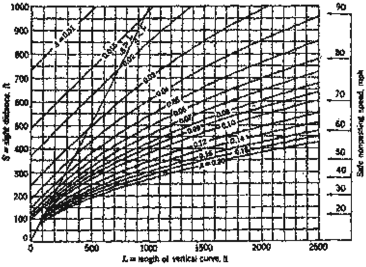
Procedure for measuring nonpassing and passing sight distances over crests

شكل رقم (3- 3)

وفي الشكل(3- 4) أعطيت المعادلات التي تعبر عن المسافة غير المرئية كـ الفرق الجبري بين في الانحدار الميل وطول المنحنى العادموي الرأسين والحل لهذه المعادلات يستنبط من الجدول التي منها يمكن إيجاد طول المنحنى الرأسي اللازم للمسافة غير المرئية تعرف في الميول حتى (20٪).

ويضاف مقياس سم عامودي على يمين حافة الجدول يعطي حلا فوريا مرغوب منه للمنحنى الرأسي بمعلومية السرعات المصممة والطرق الجبري الميول.

مسافة المرور المرئية على قمة المنحنى (Passing Sight Distance over crest) الشكل رقم(3- 3) b بين الطريق المسموحة لقياس المسافة المرئية على القمة وتعرف هذه المسافة بإنها أطول مسافة التي يمكن للسائق الذي ارتفاع عينة(4.5) قدم على سطح الطريق يمكن أن يرى قمة هدفه ارتفاعه(4.5) قدم على الطريق.



Relationships between vertical curve lengths, grades, and nonpassing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % ÷ 100

When $S > L$, $S = \frac{7.28}{A} + \frac{L}{2}$

When $S < L$, $S = 3.82\sqrt{\frac{L}{A}}$

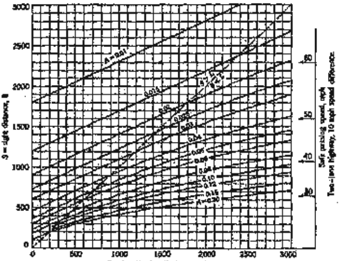
Height of eye 4.5 ft; height of object 4 in.

الشكل رقم (3- 4)

وفي الواقع فإن الارتفاع(4.5) قدم يمثل المركبة القادمة وعلى الشكل رقم (3- 5) تظهر المعادلات التي تعبر عن مسافة الرؤيا لمسربين أو ثلاثة مسارب طرق بدلالة الفرق الجبري في الميول والطول للمنحنى الراسي.

وحل هذه المعادلات معطاة في الجدول والذي من يمكن إيجاد طول المنحنى الرأسي اللازم لمسافة الرؤيا الذي يمكن إيجاده من الفرق الجبري في الميول حتى (20٪) ويضاف مقياس رسم عامودي على يمين حافة الجدول الذي من لاله يمكن إيجاد أقصر طول مرغوب فيه للمنحنى الراسي لطريق ذات مسربين من حيث السرعات المصممة والفرق الجبري في الميول.

وأقصر طول مطلق للمنحنى الراسي لطريق ذو مسربين وأقصر طول منحنى مرغوب الطريق ذات ثلاث مسارب مبين في الجدول(3- 2) والشكل (3- 5).



Relationships between vertical curve lengths, grades, and passing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % ÷ 100

When $S > L$, $S = \frac{16}{A} + \frac{L}{2}$

When $S < L$, $S = 6\sqrt{\frac{L}{A}}$

Height of eye and height of object 4.5 ft

الشكل رقم (3- 5)

ويلزم منحنيات رأسية أطول لتزويدنا بالمسافة المرئية عن للمسافة غير المرئية.

وكمثال اعتبر ان قمة مشكلة بـ(20٪) ميل إلى أعلى متبوعة بـ ميل 2٪) على اسفل على طريق ذات مسربين والسرعة تصميمية مقدارها 50 ميل/الساعة فإن يتوجب أن يكون طول المنحنى الرأسي المستعمل(2900) قدم ليوفر مسافة رؤيا مرئية، بينما منحنى طوله(300) قدم سيوفرمسافة غيرمرئية(الشكل 7،6) والمسافات العامودية بالاتجاه السفلي من تقاطع بين المماس للمنحنى العامودي هي (14.5، 1.5) قدم على التوالي أو بشكل أخر على القمة يجب أن تقطع الطريق بـ 13 قدم أوطأ لتزود المسافة المرئية ما إذا كانت المسافة غيرمرئية هي الموجودة.

هذا المثال بين لماذا في الأقطار غيرالمهترة(الوعرة) فإنه من المكلف جداً الحصول على مسافة مرئية مستمرة على طريق ذو مسربين وكذلك تبين لماذا إذا رغب بمسافة مرئية مستمرة فإن تصميم طريق ذات اربع مسارب يكون أرخص من طريق ذات مسربين بتوفير في الحفريات أكثر من زيادة تكاليف انشاء مسارب إضافية وقد دلت الدراسات الميدانية للرؤيا على الطريق بينت أن مسافة رؤيا (1500 قدم – 2000قدم)، قد طلبت من السائقين لتجاوزوا مركبة مسرعة بمقدار(45- 50) ميل/الساعة.

والأكثرمن ذلك أنه فإن مسافة الرؤيا تتعدى(2000) قدم ليست محبذه عند أغلب السائقين من تلك المسافة التي ما بين(1500 – 2000) قدم وعلى نفس الشاكلة فإن نسبة كبيرة من مناورات التجاوز في الأحوال العادية ممكن تأديتها حينما تكون مسافةالرؤيا ما بين(1000 – 1500) قدم هذه الحقائق يبين لماذا اعتمدت مسافة رؤيامقدارها(1500) قدم أو أكثر كقياس لإستيعاب طريق ذات مسربين لتفي بمتطلبات المرور وكمثال فإن الجدول(3- 3) بين مدى التأثير على المساحة لمسافة رؤيا مقدارها(1500) قدم.

EFFECT OF PASSING SIGHT-DISTANCE RESTRICTION ON PRACTICAL CAPACITIES OF TWO-LANE HIGHWAYS WHEN ADEQUATE STOPPING SIGHT DISTANCES ARE ALWAYS PRESENT *

Percentage of Total Length of Highway on Which Sight Distance is Restricted to Less than 1500 Ft	Practical Capacity, in Passenger Cars per Hr	
	For Operating Speed † of 45–50 Mph	For Operating Speed † of 50–55 Mph
0	900	600
20	860	560
40	800	500
60	720	420
80	620	300
100	500	160

* The data in this table apply to sections with 12-ft traffic lanes, shoulders adequate for parking disabled vehicles clear of the traffic lanes, and a continuous stopping sight distance corresponding to the design speed. Also, the sight distance on the restricted portions of the section must be uniformly distributed between the required stopping sight distance for the design speed and 1500 ft.

† Average speed for drivers trying to travel at maximum safe speed.

جدول رقم (3- 3)

المنحنى العامودي المقعر المقوس:

في الليل فإن مدى وصول ضوء السيارة هو الذي يحدد المسافة التي يستطيع السائق أن يراها أمامه، على المحنى المقعر فإن شعاع الضوء على سطح الطريق نفسها بدلاً من الأمام وعلى ذلك فالأضاءة تقل، وكذلك فإن المنحنى المقعر كثيراً يحد من رؤية السائق على الطريق أمامه.

ومواصفات الـ AASON لا تحدد طول المنحنى العامودي المقعر إلا أن يحدد أنها يجب أن تكون أطول ما يمكن وقاعدة توقيع أقصرطول منحنى بمعلومية الفرق الجبري في الميل تستعمل كثيراً.

وهناك اقتراح آخرلتحديد أقصر طول منحنى بغض النظر عن الفرق الجبري واستخدمت جداول مسافة الرؤيا المبنية على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على افتراض أن ارتفاع ضوء السيارة كان(2.5) قدم عند سطح الطريق وأن الشعرة العليا للضوء (شعاع الضوء) قد أميل درجة واحدة إلى الأعلى من أن تكون السيارة على طريق مستو.

الوحدة الرابعة

حجم السير

Traffic Volume

حجم النقل Traffic Volume:

حجـم النقـل: هوعـدد المركبـات(بأنواعهاالمختلفـة) الـتي تمرعنـد نقطـة معينةخلال فترة زمنية معينة وتختلف عن كثافة السيرالتي هي عددالمركبات التي تـسير علـى طـول معـين مـن الطريـق ولا يمكـن تـصميم أي طريـق إلا بمعرفـة حجـم النقل على ذلك الطريق.

تعداد المركبات: (Traffic estimates):

يقاس التعداد بعدد المركبات التي تمر من محطة سير ويتم التعداد كل (24) ساعة لمختلف الأيام الأسبوع وهذا يسمح لحساب معدل السيراليومي السنوي (ADT) وفي المناطق المتحضرة فإن أكثر أيام الأسبوع ازدحاماً هو يومي الجمعة والسبت في الدول العربية، والسبت في الدول غيرالعربية.

ويتلف التعداد في العاصمة أوالمدن يقاس بساعات اليوم، أيام الأسبوع، أشهر السنة، وعلى الطرق الأكثر ازدحاماً والشوارع فإن القياس الساعة/كل ساعة لقمة الازدحام مفيدة جداً، ويمكن حساب ذلك كل بضرب العدد كل5 دقائق أو15 دقيقة في (12) أو(4) ولا يصبح اقتصادياً تصميم خدمة ازدحام كل ساعة خلال سنة/وعلى اي حال فقد تم التأسيس على أنه لعدة ساعات كل سنة فإن كثافة السيرتقترب من تلك في الساعة الثلاثيةحيث يزداد الحجم الساعي(29) ساعة كل عام، وكقاعدة فإنه من المناسب تصميم الطريق لتستوعب هذا الحجم (حجم الثلاثية ساعة)، ولسوءالحظ فإن النسبة بين المعدل اليومي للسير والثلاثية ساعة ليست ثابتة لجميع الطرق،ولذلك فأن معلومات إضافية يجب تجميعها عند كل موقع إذا ارتأينا ان تكون هذه النسبة معتمدة، ولقداتفق على أن تكون هذه النسبة ثانية من سنة إلى سنة في موقع معين، وكذلك مجموعة قيم يمكن أن تعرف والشكل(2) يبين ان(70٪) من شوارعنا وطرقنا مجمع الثلاثية ساعة يقع ما بين (12- 18٪) من معدل السيراليومي، ونهاية التسجيلات بينت ان حجم

الثلاثية ساعة تتراوح ما بين(8- 38٪) من معدل السيراليومي، وللمواقع في المدن فإن المعدل هو(15٪) بينما في المناطق الخارجية(الزراعيةمثلاً) فانها تشكل قرابة (12٪).

والفصل بيانات تعدادالسيارات بنسبة اتجاه السيرهامة حيث التدفق الكبير يحدث في اتجاه واحد في وقت واحدمن اليوم وفي الأخر في وقت آخر.

وفي بعض الأحيان الاقتصاد في التصميم النهائي يمكن تحقيقه بإستخدام نفس المسرب للمركبات في الاتجاه الأخر وبشكل عام فإن الهدف من تعدادالسيارات او المركبات هو:

1. إيجادعددالسيارات كل ساعة خلال اليوم الواحد وخلال أيام السنة ومعرفةالساعات التي يمر بها أكثر ازدحام للسيارات واختيار الـ(30) ساعة في السنة من ساعات الازدحام.
2. عددالسيارات لكل يوم على مدار(365) يوم وتبيان الأيام والأشهر التي بها اقصى كثافة سير.
3. حساب المعدل اليومي للسيارات (Averal Avenage Daily Traffic)).
4. حساب معدل السيراليومي لكامل السنة (Annual Avenage Daily Traffic)وهو مجموع المركبات مقسوماًعلى عدد ايام السنة(365 يوم).
5. تحديد طبيعة حركة السيارات عند بعض النقاط وفي اماكن محددة عندالدخول والخروج منها.
6. تحديد حركة المركبات السيارات عندالتقاطعات.

دراسة التغيرات في حجم السيرعلى مدار اليوم والفصل والسنة:

من الدراسات التي اجريت على تعدادالسيارات كما سبق وبرسم المخططات والمنحنيات للعلاقات يبين أن (الشكل 1).

حجم السير يتميز ما بين ساعة وأخرى بالنسبة للباصات والشاحنات (القلابات وخلافه).

- للباصات أن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة السابعة والثامنة صباحاًبمعدل مرور200 باص/الساعة.
- للباصات إن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة الخامسة والسادسة مساء بمعدل مرور 200 باص/الساعة.

أما بالنسبة للقلابات/ فإن حجم السير يكون كالتالي:

- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة(8.30) صباحاً بمعدل(700) حافلة/الساعة.
- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة الواحدة والثالثة مساءً بمعدل(600 حافلة/الساعة.

وإذا أخذنا التغير في أيام الأسبوع لشهر كانون ثاني وحزيران.

- فإن أكثر الأوقات ازدحاماًخلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة من شهر كانون ثاني.
- أكثر الأوقات ازدحاماًخلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة أيضاً من شهر حزيران.
- **أنواع التعداد المطلوب:**

- تعداد للمشاة لتباين حركتهم وعدد السيارات الداخلة والخارجة في المنطقة لاستخدامها في تصميم الأرصفة وعددها.
- تعدادعلى التقاطعات وتحديد اتجاه حركة المركبات لتصميم الإشارات أن لزم وتقدير السعة.
- تعدادعلى نفس الطريق.

- تعدادالمركبات من حيث أنواعها لتصميم رصفة الطريق.

- **الطرق المتبعة في إجراء التعداد:**

- التعداد البشري: حيث تقوم مجموعة من الدارسين أو المتطوعين أومن هندسة المرور في البلديات اوامانة عمان بالوقوف في أماكن معينة ويتم تسجيل المعلومات التالية عندالمشاهدة الفورية للسيارات المتحركة:
   - عدد السيارات – أنواع السيارات(ركوب صغيرة – كبيرة – باص – شاحنة سيارة خاصة ...)
   - عددالمحاور – وقت المرور– اتجاهات السير– طبيعة لاستعمال للمركبة وهذه الطريقة مكلفة وربما يشوبها الاهمال وتحتاج إلى فريق كبير لتغطية المناطق المدروسة.
- العدادالميكانيكي ويشمل:
   - التصوير بالرادار: حيث يحدد شكل السيارة ورقمها ونوعها وسرعتها ووجهتها.
   - اللاقط المغناطيسي: يقوم بقياس عددالسيارات المارة.
   - الانابيب المطاطية والخراطيم المثبتة على سطح الطريق وتقوم بعد السيارات المارة.
- التعداد والمتحرك: حيث تقوم سيارة بالسير على الطريق بسرعة ثابتة ويقوم السائق أو المسئول بتسجيل عدد السيارات المارة اتجاه السيارة التي تسجل القراءات وكذلك يقوم السائق أو المسئول بعدالسيارات المقابلة على الجهة الأخرى من الطريق وباستعمال معادلة خاصة يوجدعدد السيارات الكلي.
- يتوقيف السيارات وتوجيه مجموعة من الأسئلة للسائق والركاب الذين معه عن وجهة سيرهم ونوع السيارة وسرعتها وعددمحاورها ......
- بالمقابلةالشخصية في (Door Bell) عن طريق زيارة الشقق في مساحة معينة والاستفسارمن صاحب الشقة أواي شخص في الشقة عن رقم السيارة ونوعها وعدد محاورها واتجاهاتها (من وإلى)......

- بإرسال استبانات على عناوين الاشخاص وجمع هذه الاستبانات بطريقة معينة واستخلاص المعلومات وتجريتها من هذه الاستبانات.
- تثبيت أشارات على السيارة(كالإشارة التي توضع في دائرة ترخيص المركبات للسيارات) تبين موعدإنطلاقها من المكان وموعدالوصول إلى منطقة أخرى وهكذا.

- أماكن العد:
- على محطات متباعدة عن بعضها مثلاً(5كم) او اكثر او اقل من ذلك تكون ثابتة لفترة ثم تتغير.
- عندأماكن إشارات المرور.
- عندأماكن فحص وتوقيف السيارات على الطرق.
- عند نقاط تواجد رادات على الطريق وكاميرات كالتي ركبتها أمانة عمان على الإشارات الضوئية.
- فترات التعداد:

الفترة تتبع التعليمات الصادرة من دائرة الهندسة في أمانة مثلاًاوالاشغال العامة/أي جهة أخرى فمثلاً يمكن بدء العد كل:

- ساعة على مدار اليوم.
- ساعة ازدحام.
- كل 12 ساعة(يحدد البدء والأنتهاء) او اي ساعة ابتداء واي ساعة انهاء اكثر او اقل من 12 ساعة.
- كل يوم.
- اسبوع.
- شهر.
- سنة.
- أيام العطل وأيام النشاطات.

- في الأيام الحارة والباردة.
- أثناء اغلاقات الطرق وبناء الجسور والإنفاق.

ويعتمد كل ما ذكر أعلاه على طبيعة التعداد والغاية منه:

- حجم السير الحالي والمستقبلي:

يتوجب القيام بدراسات ميدانية أومن القيود والتسجيلات الموجودة لمعرفة مقدار التطور المستقبلي الذي على ضوءه تعمل مسارات جديدة على الطرق وعمل تقاطعات ومنحنيات وأية روافد أخرى على الطرق(تصميم جديد) وكذلك معرفة عدد السكان المستقبلي لأن مستملكي ومستخدمي الطريق هم أصحاب السيارات والشاحنات وكذلك دراسة الأراضي والمساحات لغايات التوسعة والاستملاكات وحقوق الطريق.

كل ما ذكر أعلاه وما لم يذكر يجب أن يدرس بعناية لغايات التصميم المبني على:

1. كمية السير الحالي وإجراء مقارنات من دراسات مماثلة.
2. الكمية المتوقعة لازدياد عدد السيارات كما هي الحال في زيادة السكان وتطور الاقتصاد والتسهيلات.
3. حجم عدد السيارات المتزايد عند امتداد طريق او فتح طريق في منطقة ما تخدم القاطنين حول الطريق.
4. استعمالات الأراضي تساعد على فتح شوارع جديدة وبالتالي سير سيارات جديدة إضافية، وهكذا على ضوء ما تقدم يجب تصميم الطريق لإستيعاب الإعداد الحالية من المركبات وما سيئول إليه هذا العدد بعد مرور حقبة طويلة من الزمن لأن تغيير الطرق يستوجب كلفة اقتصادية باهظة.

الوحدة الخامسة

اختيار مسار الطريق

Highway Surveys & Plans

اختيار مسار الطريق
Highway Survey and Plans

أشارة أن متطلبات السير الحديثة وتطور صناعة السيارات أديا إلى تزايد الطلب على مساحات ومواقع أوسع للحصول على السرعة والأمان ورخص التشغيل، وعلى المهندس المقيم الآن ان يعمل أكثر من تصميم طريق أو مسرب ليلبي المطالب الدنيا للمنحنيات والميول، فالموقع يجب أن يمزج المنحنيات، الميول، عناصر الطريق الأخرى ليحصل على ركوب وإنسياب مروري بسمات كبيرة ومتطلبات أمان أكثر.

في المناطق المستقرة يجب على المهندس أن يتعرف ويقيم الأثر على الصناعات التجارة، الأعمال والمقيم السكانية والتطوير وإعادة التطوير المستقبلي.

وإذا كان إعادة البناء يشمل توسيع الطريق، فقد أخذ بعين الاعتبار الممتلكات على جانب واحد أوجانبي الطريق ولا ينطبق هذا الآن على الطرق ذات التفرعات الكثيرة وبدلاً من ذلك تبنى مواقع جديدة بعيدة عن أماكن التجمعات ذات القيمة العالية فيتوسع جوانب الطرق ومراقبة الدخول والخروج على هذه التفرعات يسهل عملية إضافة أي مسارب أخرى وحماية الممتلكات من التوسعات المستقبلية.

وقبل البدء بمسح الموقع للطريق يجب أخذ قرارات محددة بشأن تصميم السرعة ومقاطع الطريق وأكبر ميل ممكن، ولتكن هذه صحيحة يجب أن تعتمد على تقديرات الكمية، الطبيعة توزيع المرورعلى الساعات مع المعرفة التامة بالمساحة اللازمة والأموال المرصودة.

ومع تقدم الاستطلاع المساحي فإن الاختيار بين المسارات المحتملة وقرارات التصميم يجب أن تعمل ويجب النظر إلى الكلفة الشاملة الاقتصادية الأقل مع الأخذ بعين الاعتبار استثمار الأموال وتكاليف الصيانة والتوفيرعلى مستخدم الطريق.

موقع الطريق والمسح في المناطق القروية/الزراعية:

Reconnaissance Highway Location and Surreys in Rural ARAS

استطلاع الموقع(Reconnaissance): الخطوة الأولى في توقيع طريق ما هو الاستطلاع المكثف من قبل مختصين وهذا ايضاً ضروري في حالة إصلاح واستبدال طريقة مخططة سابقاً، والخطوة الأولى أيضاًالدراسةالمتأنية لكل الخرائط المتوفرة وخاصة الطبوغرافية منها،حيث يمكن وضع خطوط الطريقة عليها لتنفيذها على الأرض.

ويتم الاستطلاع عادة بوسائل مساحية سريعة بإستخدام البوصلة لقياس الزوايا اوالاستاديا لقياس المسافات وحيث يرتفع ميل الطريق أو ينخفض، يمكن استخدام ميزان توتر ابني Abney level او جهاز الكلينوميتر ونهايات الطريق والنقاط المتوسطة التي يجب أن يمر من خلالها تشكل التحكم المبدئي في المسح.

وإذا لم يكن هناك وسيلة اري للتحكم فيعتمد أي موقع جسرمعين أو اي جبل معين للقيام بذلك، وكما هو الحال لمناظر طرق جميلة فإن موقع منطقة أخشاب او مساقط مائية أو بحيرات أوأشياء أخرى جاذبة ممكن أن تكون فقط مراقبة ميدانية،التجمعات الاستيطانية الصغيرة التي يمكن أونتجاهلها اثناء تنفيذ الطريق يمكن أن تكون نقطة مراقبة مبدائية للطرق الثانوية، نظام صرف، ممرات جبلية أونقاط منخفضة في قلة كثيراً ما تشكل نقاط ثانوية، عوامل الكلفة كظروف التربة أن كانت مواتية أو غيرمواتية، عدد وحجم المنشآت، وكميات الحفريات وغيرها ضرورية لاستقامة ناجحة وميل وما شابه يمكن اعتبارها كنقاط مراقبة ثانوية.

في الأماكن الجبلية ذات القمم معروفة الارتفاع جيداً فإنه هناك ممر يمكن الاقتراب منه يسيرالمجرى على جانبي وأقل كلفة وأكثراستقامة خطوط يمكن أن تكون فوق الماءالعالي في الجداول، وقلما تكون ارتفاع الوادي يزيد عن الميل المسموح به، فإذا أتبع انحدار الجدول فيتوجب أن تطول الطريق لتأمين الحصول على ارتفاع كي المنسوب لتأمين تسلق مسموح به.

والفشل في تثبيت نقطة انطلاق صحيحة في قعر الوادي يتسبب في وجود منعطف غير ضروري والاستكشاف في مثل هذه الحالات يفضل أن يكون من الأعلى إلى الأسفل(من القمة إلى القاع) وخلال الاستكشاف يتوجب تدوين بعض الأماكن المناسبة للأنعطاف أوالانحناءات.

في المناطق الثلجية فيفضل ان تثبيت المواقع على المنحدرات المعرضة للشمس لتلافي التجمد على الطريق ولتسهيل عملية إزالة الثلج، ومن الطرق المفضلة في استكشاف المناطق الوعرة الجبلية هو باستخدام الطائرات، أي المسح الجوي، فالاضطلاع من أعلى يعطي صورة مختصرة رقيقة ولايمكن الحصول عليها من الأرض، وفي بعض الأحيان يمكن انشاء نقاط مراقبة ثانوية ويمكن التحول عن العوائق التي تصادف المسح وتجنبها في هذه المناطق والمسح الجوي يكمل المسح الأرضي في الأحاطة بالمناطق المتاخمة لخط الطريق المقترح، وبعد الأنتهاء من أعمال المسح يمكن تلخيص هذه الأعمال فيما يسمى تقرير المسح والذي يحتوي على الملاحظات لكل طريق مقترح مثل الطول الكلي لخط الطريق، والارتفاعات للقمم الرئيسية والمتوسطة، الميلانات عبورالشلالات، مقاطع مقترحة، طبيعة الأنشاء،حرم الطريق المقترح وما يحيط به، ظروف وأحوال التربة، وجميع المعوقات التي يمكن رؤيتها، وكذلك الكلفة التقريبية وغيرهامن الأعمال التي يراها المهندس ضرورية وتحتاج إلى تدقيق للأعمال السالفة الذكر، ويجب أن يكون هنالك مخطط موقع لسيرالخط المقترح وخارطة مساحية ربعية.

وكذلك يجب أن يتوفرفي الملاحظات المرونة معلومات تمكن من معرفة نقاط المراقبة واتجاه الخطوط، ويتوجب ان يتوفر أيضاًخارطةجوية تبين كامل منظرمكتمل للمساحة كاملة تبين عليه الجسور والنقاط الصعبة والمقاطع التي يجب أن تمسح.

ومما سبق جميعه تبين أن مسحاً جيداً يتطلب معرفة جيدة للمشاكل الأساسية لتصميم الطرق وانشاءاتها وصيانتها، وللموقع الصعبة فيتوجب أن يكون هناك معرفة بالجيولوجيا وينبع هذا أن المسح الجيد أوالاستطلاع الجيديمكن تنفيذه فقط من قبل مهندس ذكي مؤهل ذوخبرة.

الاستطلاع الجوي (التطوير الجوي)

(Aerial Photographs in reconnaissance).

الصورة الجوية والخارطة المعمولة من الصور أداة ذات قيمة نفيسة لا تقدر بثمن في توقيع الطرق سواء في المناطق الخالية أوالمأهولة، والخرائط والصورالجوية ممكن الحصول عليها من المركز الجغرافي الأردني كجهة متخصصة في التصويرالجوي.

وأكثر الخرائط فائدة تلك الصورالجوية ذات الكاميرا (آلة التصوير) الموجهة عامودياً إلى أسفل، والصور تؤخذ بشكل متوازٍ وعلى مسافات مدروية تماماً بحيث تتطابق الصور بنسبة (30٪) ويجب أن تكون الطلعات الجوية كافية لتغطية المساحة كلها المراد عمل مشاريع فيها، والصور العامودية المتتابعة في كل طلعة جوية يجب أن تتطابق بنسة (55- 65٪) لكي وبحيث يكون مركز إحدى الصور (النقطة الرئيسية) مشمول في كلاالصورتين المتجاورتين، ومقياس الصورة يتحكم بالارتفاع الذي عنده أخذت الصور وعادة ما يكون موضع الطائرة على ارتفاع (5000) قدم من الأرض والذي يمكن الكاميرات من التصوير بمقياس مقدارها (500) قدم/انش بمعنى أن صورة ("9 × "9) تعطي مساحة مقدارها $\left(\frac{3}{4}\right)$ الميل لكل جانب، ولإستطلاع مواقع أخرى يمكن استخدام مقياس(500) قدم لكل(1) انش وحيث المطلوب أن الصور أوالخرائط المطولة مما سبق أن تحل محل أو تبين الموقع على الأرض يمكن استخدام مقياس أكبر مثل(100 أو200) قدم لكل(1) انش، وبالنهائية إذا كان اعتمدت المواقع المساحية والمخططات المبينة على الصور فإن

مقياس مقداره(50) قدم لكل(1) انش اوحتى اكبر ممكن استخدامه، ويمكن الاستفادة من الصورالجوية المساحية (Mosaics) بمضاهاة مراكز الصورة المنفردة في المناطق المفتوحة السهلة بصورة مركبة لكامل المنطقة يمكن على الأقل إختيار مسارالطريق العام من الصورالجوية المساحية وهذاالنمط مساعد في المناطق الكثيفة بالاشجار كالغابات وكالمستنقعات وحيث يكون الاستطلاع الأرضي صعباً ومشاكل الصرف يمكن ان تبين وتحدد مساحات الصرف، ولذلك فالتصوير الجوي المساحي مفيداً جداً وسهل ويساعد في مناقشة الخطط المقترح من الجهة المسئولة، وكما ذكر سابقاً فإن الصورالجوية العامودية التي أخذت من قبل مواقع طائرات مختلفة ويتطابق(55- 65٪) يمكن رؤية مجسم هذا التطابق بواسطة الستيريوسكوب، تبين التضاريس بشكل سهل وإذا كانت المنطقة الممسوحة وعرة فإن دراستها بواسطة الستيريوسكوب سوف تقصر حجم العمل المساحي، حيث يبين هذا الجهاز مواقع الخطوط بدقة وبتفاصيل من مجموعات الصور.

ومقياس رسم الصور الجوية النهائية هي(1: 62500) اوحوالي(1) ميل إلى (1) انش وفي المناطق الزراعية والصناعية والريفية يستخدم مقياس (1: 24000) او (2000) قدم لكل(1) انش.

التوقيع المساحي في المناطق العمرانية/المتحضرة

(Rural Location Surveys)

التوقيع المساحي المبدئي الأساسي الأولي

(The Preliminary Location Survey)

بعدالاستطلاع فمن الطبيعي أولاً أن تبدأ المسح المبدئي وتتبعه بتوقيع المسح النهائي ويتم عمل هذين النوعين من المسح عن طريق جهاز الترانزيت والجنزير (Transt &chaining Method) في المناطق الضيقة المزدحمة يثبت خط مؤقت اكثر دقة من الاستطلاع بواسطة ميزان يدوي أو شعيرات جهاز الترانزيت قبل بدء المسح الابتدائي الأولي، ويشكل المسح الأولى الابتدائي الهيكل الذي يعتمد عليه الطبوغرافية الصحيحة والذي يعتبر الركيزة لتثبيت الطريق الحقيقي.

ويسمى خط الأساس في المسح الابتدائي الأولى خط الـ (P) والذي يجب ان اقرب ما يكون إلى الخط المتوقع، ويجب عمل الخطوط قصيرة إلى حدما لتجنب زواياالانحراف الأكثر من(30) لتقصير وتقريب الانحناءات الطويلة.

وتوقيع المناظر الطبيعية والثقافية التي يمكن أن تؤثر على الخط يمكن ربطهابالنسبة لهذا الخط وتؤخذ المناسيب لمحطات على بعد(100) قدم لكل وعند الكسرات في الأرض لوضعها على المقطع الطولي ولتكون كأساس كنقطة انطلاق للمخطط الكنتوري أوالمقطع العرضي مغطية مساحات على الجانبين من خط الـ (P) والعرض المغطى يختلف حسب الطبوغرافية واستخدام الأرض ولكنه يتراوح ما بين(100 – 800) قدم وكل نقاط التحول (Transit) ونقاط المرجع (Bench monke) للمساحةالمبدئية يجب ان تثبت جيداً أونهائياً ويعترض المهندسون على مدى دقة المسح الابتدائي، ويمكن الحصول على السرعة باستخدام الجنزير أو طريقة الشعيرا للستاديا لقياس المسافات.

وعلى أي حال هذا النظام يقلل من عدم فائدة خط المسح الابتدائي لضبط الدقة للموقع النهائي، وعلى الطرق الآخر إذا ما توازي الخطان بالضبط وإذا أخذ مسافة ضبط بينهما فإنه يمكن عمل تدقيق ممتاز، ويمكن أخذ اتجاهات مقارنة (Comparative bearing) بتدوير زاوية أو اثنتان وتدقيق النتائج النهائية الكلية من حسابات خطوط الطول والعرض لكلا الخطين.

وبشكل مختصر فإن المسح الابتدائي الأولى يتم كالتالي:

1. تحديد أطوال المضلعات وزاويا الانحراف واتجاه الشمال.
2. اخذ مناسيب طولية على كل محطة على طول الأضلاع إبتداء من نقطة المرجع Bench Monk.
3. تؤخذ مناسيب ومسافات متعامدة على الخط (P) على اليمين واليسار.
4. في المكتب يرسم المضلع وزاويا وتوضع المناسيب الطولية والعريضة على المضلع وتحدد الخطوط الكنتورية بوصل النقاط ذات الارتفاع الواحد.

5. تعدل مسارات الخطوط على ضوء المخطط الطبوغرافي حتى يتم التوصل إلى انسب مسار بأفضل الشروط.
6. توضع المنحنيات الأفقية حسب نوع الطريق مع مراعاة الخدمات حول خط الطريق.

المسح التثبيتي النهائي

(The Final Location Survey)

التوقيع النهائي ضروري ويتضمن اساساً تثبيت الاوتاد على الأرض على امتداد الخط المركزي الرئيسي للطريق وهذا يعطي الفرصة للتصحيح القليل بإزاحة الخط مثلاً- تعديل الميول – تعديل الإنشاءات – القنوات ووسائل الصرف الأخرى.

ومن المعتاد عمل مقطع طولي جديد ومقاطع عرضية مضبوطة التي منها تحسب كميات القطع والردم(كميات التربة) والأرضفة وملحقات الطريق بدقة.

ويجب وضع نقاط كافية للمنحنيات والممارسات اثناء عمليات الأنشاء ويجب تثبيتها ووضع نقاط مرجع للحاجة إليها عند إعادة ترسيم الخط أثناء الانشاء، ويجب وضع النقاط وما ذكر على مسافات متقاربة ومواضع خالية من الضوضاء أثناء الانشاء.

واتجاهات خطوط الملكية ومسافات وزوايا الملكيات الخاصة ومواقع الأبنية، والاسيجة وكل ما هو موجود حول الطريق يجب أن تثبيت بدقة خوفاً من خلق مشاكل تتعلق بالملكية الشخصية والأضرار التي تلحق بها وما إلى ذلك.... وكل هذه الأقيسة تقع على عاتق فريق توقيع الخط، وعلى فريق التوقيع أيضاً لتبيان مواقع الجداول أن وجدت ومنابع الماء من تبدأ وأين تصب وهكذا.

الوحدة السادسة

التصميم الأفقي والرأسي للطريق

أنواع المنحنيات الأفقية والراسية:

المنحنيات الأفقية (Flator Horigontal Curves)	تقسم هذه المنحنيات إلى الأنواع التالية:
• المنحنى الأفقي البسيط (Simple cirve)	وهي قطعة من دائرة بين مماسين.
• المنحنى الأفقي المركب (Componed Cune)	وهو عبارة عن منحنين دائريين بانصاف أقطار مختلفة والمنحنيات في نفس الاتجاه متصلان مع بعضهما.
• المنحنى الأفقي المقلوس (Reversed curve)	وهما منحنيين دائريين باتجاهين متعاكسين
• المنحى الأفقي الانتقالي (Transition curve)	وهو منحنى بنصف قطر متغير يبدأ بنصف قطر كبير ويصغر تدريجيا حتى النهاية ومن أنواعها الحلزوي (Spiral) والقطع المكاني (Parabola)
• منحنى يظهر مقلوس (Broken back cure)	يتكون من منحنيين اثنين باتجاه واحد يفصل بينهما خط صغير

• **أماكن استخدام المنحنيات:**

- تستخدم المنحنيات الطبيعية في المناطق الجبلية كمابينا سابقاً.
- وتستخدم المنحنيات المتوسطة في المناطق الوعرة والمتدرجة.
- وتستخدم المنحنيات الواسعة في المناطق السهلية.

وهناك ربط بين السرعة ونصف قطر المنحنى وهذا الربط طردياً فكلما زادت السرعة كبر نصف قطر المنحنى والعكس صحيح.

• ووظيفة المنحنى بشكل عام هو السماح بالانتقال التدريجي من الخط المستقيم إلى الدائرة ثم إلى الخط المستقيم ثانية، أمن الخط المستقيم إلى دائرة أخرى بنفس الاتجاه أو معاكسة للاتجاه ثم إلى الخط المستقيم ثانية، دون تعريض السائق أوالركاب إلى مخاطر.

- **حسنات المنحنى الانتقالي:**

1. اعطاء فرصة كافية للسائق قبل دخوله إلى المحنى الدائري(الدائرة).
2. سهولة الدخول والخروج في المنحنى.
3. أعطاء ميلان مناسب للطريق على منحنى يتناسب مع قوة الطرد المركزية بحيث تبقى سرعة المركبة منتظمة وراحة للسائق.
4. سهولة تعريض (WIdening) الطريق عند المنحنيات الصعبة.
5. لأعطاء منظر جميل لمسار الطريق وخاصة لمنظر المنحنى من أعلا وعلى المنحنى.

- **طول المنحنى الأفقي:**

يعتمد طول المنحنى على العناصر التالية:

- طوبوغرافية المنطقة.
- أنواع العوائق في المنطقة كالأنهار والأشجار والآثار والتربة السنجة السيئة.
- نوع درجة الطريق المقترحة اولى، ثانية، ....
- السرعة التصميمية المقترحة على الطريق.
- الكلفة الاقتصادية المقترحة.

لتصميم المنحنى الأفقي يتوجب معرفة زاوية الانحراف(□) ونصف القطر ثم من هاتين القيمتين تحسب بقية متطلبات تصميم المنحنى:

1. فلايجاد طول المنحنى (L) = $\frac{2\,\text{نق ط} \times \square}{360}$

□ درجة تحصر قوساً طوله (L)

، L هو 360 تحصر قوساً طوله 2نق ط.

2. درجة المنحنى (D) تعرف بإنها درجة تحصر قوساً طوله 30 متراً

$$D = \frac{30 \times 360}{2\ \text{نق ط}}$$

3. المماس = نق × ظا نصف الزاوية المركزية.
4. المسافة M = طول الوتر – نصف القطر

$$\text{طول الوتر} = \sqrt[2]{\text{نق}^2 + \text{طول المماس}^2}$$

فتحدد نقطة بداية المنحنى من معرفة طول المماس ثم يقاس هذا الطول رجوعاً (بالعكس) من نقطة التقاطع Point of Intersection ونهاية المنحنى تكون من بداية المنحنى + طول المنحنى.

- **تثبيت المنحنى الأفقي:**

1. تثبيت بداية المنحنى (PC).
2. نضع آلة البثودوليت على النقطة (PC) وتنظر إلى الخلف باتجاه المماس.
3. تقلب تلسكوب البتودوليت باتجاه نقطة التقاطع (PI).
4. ندير التلسكوب بزاوية تساوي نصف زاوية درجة المنحنى.
5. نقيس وتراً يعادل الوتر المقابل للزاوية المركزية التي تساوي زاوية درجة المنحنى وتثبيت نقطة عند تقاطع خط النظر مع نهاية الوتر.
6. ندير التلسكوب زاوية أخرى تعادل نصف زاوية درجة المنحنى ونقيس وتراً ثانياً من نهاية الوتر الأول بطول الوتر المقابل للزاوية المركزية المساوية لدرجة المنحنى حيث يلتقي خط النظر مع الوتر وهكذا.
7. ترقم أرقام محطات الطريق كل(20م) او (25) متر وهناك محطة (صفر) + 20 محطة صفر + 40 وهكذا.

• المنحنى الانتقالي (Transition Curve)

يدخل في تصميم المنحنى الانتقالي زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي وطول المنحنى الانتقالي وتتحدد زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي من المخططات الطبوغرافية ودرجة الطريق والتخطيط الأفقي، أما طول المنحنى فتستخدم الجداول التي يبين فيها ميل سطح الطريق وطول المنحنى الانتقالي.

التصميم الرأسي للطريق مهام التصميم الرأسي

(Vertical A ligment)

- وضع خطوط الانحدار والصعود
- تحديد انحدار الخطوط
- تصميم منحنيات رأسية
- المنحنيات
- العوامل التي تتحكم بالانحدار:
- طوبغرافية المنطقة.
- التخطيط الأفقي.
- مسافة الرؤيا.
- وجود سيارات وشاحنات ثقيلة.
- السرعة.
- كلفة الإنشاء

- وضع مناسيب الأرض الطبيعية
- تبيان ارتفاعات سطح الطريق الترابي النهائي عند المحور وليس الأطراف
- تبيان أطوال المنحنيات ؟؟؟ عند بدايتها ونهايتها
- تبيان نقاط تقاطع المماسات
- كتابة نسبة الميول (+) او(-) 2 او 3 او5.

• السرعات (Speeds)

العوامل التي تؤثرعلى السرعة:

- السائق.
- السيارة.
- الطريق نفسها.
- حالة الطقس.
- وجود مركبات على الطريق.
- المنحنيات على الطريق.
- عدد المسارب.
- الأحوال البيئية حول وعلى جوانب الطريق.
- وجود شواخص وإرشادات مروية ولوحات دليلية.
- عوامل أخرى مثل مراقبة الطريق وجود وسيارات شرطة، ممرات على الطريق،.....
- وجود تقاطعات على الطريق.
- مسافة الرؤيا.
- الانحدارات والأرتفاعات.
- طبيعة سطح الطريق(الخشونةوالنعومة).

أنواع السرعات Types of Speeds:

1. **سرعة التصميم Design Speed:**

وهي السرعة التي يتم بها تصميم الطريق ومنحنياتها وأطوالها ومسافة الرؤيا وعدد المسارب والسعة و...... او هي اقصى سرعة يمكن للسائق أن تسير بها بأمان في ظروف امنة، وتعتمد هذه السرعة على طبوغرافية الطريق ودرجة الطريق وحجم السير والكلفة الاقتصادية، والجدول يبين سرعة التصميم في المناطق المختلفة، الجدول رقم (6- 1).

السرعة كم/ الساعة			
ضيقة المنطقة	طريق رئيسي	طريق ثانوي	طريق زراعي/ قروي
سهلية	120	100	80
متدرجة	100	80	60
جبلية	80	60	40

يتم اختيار السرعة التي يسير عليها(98٪) من السيارات بمعنى أن(98٪) من السيارات تلتزم بهذه السرعة 2٪ تشذ عن هذه القاعدة ومن أجل ذلك يتم إيجاد المجموع التراكمي لسرعة السيارات ويتم اختيار تلك السرعة التي يسير عليها (98٪) من السيارات.

2. سرعة التشغيل (**Running Speed**)؛ وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة ويتم احتسابها بإيجاد المسافة المقطوعة وقسمتها على الزمن وفائدة سرعة التشغيل هي:

- كيفية اختيار سرعة التصميم.
- فكرة عن التأخير جراء المنعطفات والإزدحامات المرورية.

الجدول التالي رقم (6) يبين العلاقة بين سرعة التصميم وسرعة التشغيل

سرعة التصميم	السرعة التشغيلية كم/ الساعة		
كم/ الساعة	سير قليل	سير متوسط	سير كثيف
50	45	42	40
60	54	51	48
80	70	66	56
100	85	78	60
120	98	90	62

3. سرعة الرحلة (Journey Speed):

وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة مع إدخال وقت الوقوف والتأخير في الحسبان، وهذه السرعة مقياس لكفاءة الإشارات ونظام السير وحركة السيارات والإزدحامات.

ويقسم التأخير إلى:

أ. تأخير ثابت: وهو توقيت الإشارات الضوئية وإشارات الوقوف والتقاطعات.

ب. تأخير تشغيلي: من السيارات الواقفة على جوانب الطريق، دوران السيارات (UTURN) وحركة المشاه وبطء السير إجمالاً ومن الحوادث على الطرق، وهذا يعكس كفاءة الطريق والحاجة إلى تطويرها.

4. سرعة النقطة (Spot Speed): وهي سرعة السيارة في نقطة معينة ويستفاد منها في تحديد كفاءة الطريق وأثر التقاطعات على حركة السير وكذلك تحديث الطريق وتقاس هذه السرعة بالرادار أو التصوير.

لوحة مسقط ومقطع Plan & Profile:

هذه اللوحة يكون نصفها العلوي أيضاً ونصفها السفلي مربعات، ويرسم التصميم الأفقي في الجزء العلوي من اللوحة والتصميم الرأسي في الجزء السفلي من اللوحة.

على ماذا يشتمل السفلي:

في الجزء السفلي:
- إرقام المحطات
- مناسيب الأرض الطبيعية
- مناسيب الطريق بعد التصميم

في اللوحة:
- الانحدارات والارتفاعات
- المنحنيات الراسية والأفقية
- نقاط (Bench Monk) المرجعية
- كميات الروم والحفر والقطع
- عرض الطريق وأماكن الحواجز
- نتائج فحص التربة

لوحات إضافية

- لوحات الدليل العام.
- لوحات طبوغرافية.
- مقاطع عرضية نموذجية.
- رسم للعبارات.
- لوحات إرشادية للاشارات.
- أي لوحات أخرى.

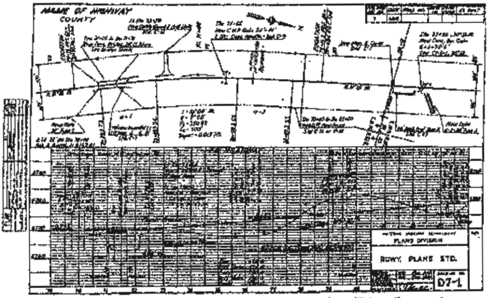


FIG. 8. Typical sheet of plans for a 2-lane rural highway (Courtesy Arizona Highway Department)

الشكل رقم (6- 1)

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

Elements of X - Section

وللمناطق قليلة كثافة السيرفتعمل الاكتاف بعرض يتراوح ما بين (1- 2) متر وللشوارع الجانبية والتي تصب في الشوارع الأكثر سعة تعمل اكتاف بعرض(1- 1.5) متر.

ميول الاكتاف:

يفضل أن تكون الاكتاف مائلة أكثرمن ميل سطح الطريق ولذلك تزاد الميلانات للاكتاف بدرجة أو درجتين عن سطح الطريق فإذا كان سطح الطريق مائلاً مثلاً(2٪) فإن ميل الكتف يجب ان يكون(3- 4٪) اي أن ميل الاكتاب يزيد بمقدار(1- 2٪) غالباً ويعتمدالميل على طبيعة سطح الكتف فالسطح الناعم (أسفلت) يكون ميل أقل من السطح الخشن(خرسانة مثلاً) أو الحصمة مع مادة القار.

المسارب Lanes:

تعريف المسرب: هو العرض في الطريق المخصص لمرورالسيارات عليه.

أنواع الطرق بالنسبة للمسارب:

- طريق لمسرب واحد: ذهاباً وأياباً.
- طريق لمسربين: واحدللذهاب وواحد للإياب.
- طريق بثلاث مسارب: للذهاب والإياب والثالث للذهاب معاً واستخدامه قليل جداً.

عددالمسارب على طريق مقسوم بجزيرة وسطية:

- طريق بمسرب واحدللذهاب وفي الناحيةالمقابلة طريق للاياب.
- طريق بمسربين: مسربين للذهاب وفي الناحية المقابلة طريق بمسربين.
- طريق بثلاث مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بثلاث مسارب.
- طريق بأربع مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بأربع مسارب.

ويختلف عرض المسرب باختلاف درجة ومستوى ونوعية الطريق وازدياد عدد السيارات والشاحنات وسرعاتها وفي الأحوال العامة يكون:

عرض الطريق الرئيسي حوالي (4)م

عرض الطريق الثانوي (2) – (3)م — في داخل المدن والقرى ولمسرب واحد فقط (اتجاه واحد من الطريق)

وعند مقابلة السيارات الآتية من الطرف الآخر أو عند التجاوز عن سيارة أخرى على نفس المسرب فإن الوضع الذي يختاره السائق يعتمد أساساً على عرض الطريق، وقد تدرجت الطرق في الاتساع من (4) أمتار لكامل عرض الطريق إلى أن وصل إلى (8) أمتار وعلى المسرب الذي عرضه (6)م واكتافه من العشب والحصى فإن المسافة ما بين سيارتين تتجاوز أحدهما الأخرى يكون فقط حوالي (80) سم (سيارة خصوص مثلاً وسيارة شاحنة (قلاب ترك ...).

وتمر أحداهما بجانب الأخرى دون الحاجة لتخفيض السرعة ولا أن يحرك السيارة يساراً لتبعد عن السيارة الأخرى، وعلى الطريق التي عرضها حوالي (7) م فإن المسافة تكون حوالي (1)م وهذه مسافة غير آمنة، وعلى الطريق التي عرضها (6) م فإن ما نسبة (50٪) من سيارات الركاب و(11٪) من الشاحنات تفشل وعندما يتقابل شاحنتين فإن المسافة بينهما عند التجاوز تقول أقل مما ذكرناه سابقاً.

ومن الشكل رقم (7- 1) أيضاً فإن المسافة أيضاً فإن إذا تقابلت شاحنات على مسار عرضه (4) أمتار فيتوجب على الشاحنتين أن تسيرا خلف بعضهما البعض ولا تتجاوز أحدهما الأخرى إلا إذا توسع عرض الطريق.

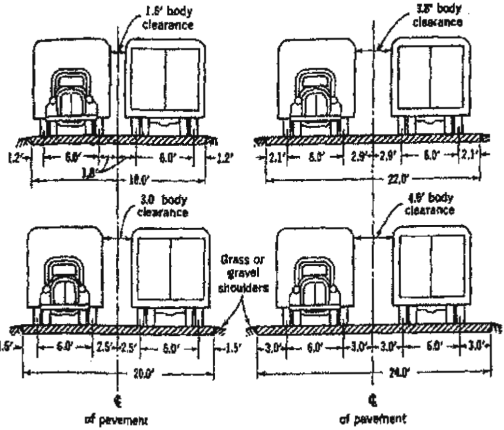


Fig 7-1 Average positions of commercial vehicles when meeting during the day on 2-lane concrete pavements having grass or gravel shoulders (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

وإذا اعتبرنا إعداد السيارات فإنه

- إذا كان عدد الشاحنات والسيارات يقل عن(200) سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب(3)م.
- إذا كان عدد الشاحنات أكثر من 200 سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب (4)م.

وأيضاً هناك أنواع أخرى من المسارب عدا المسارب الرئيسية في الطريق منها:

- مسرب الصعود (Clinbing Lane): وهذا مسرب إضافي خاص بالشاحنات الكبيرة التي تسير ببطء أثناء الصعود على الطريق وبذلك يفسح المجال أمام السيارات الأصغر بالتجاوز والمرور بسهولة.
- مسرب التسارع (Acceleration Lane): وهو مسرب جانبي تتسارع فيه سرعة السيارة قبل الدخول إلى الطريق الرئيسي فتتماثل سرعة السيارة على مسرب التسارع مع سرعة السيارات على الطريق الرئيسي.
- مسرب التباطؤ (Decceleration lane): وهو مسرب جانبي تدخله السيارات أثناء مغادرتها الطريق الرئيسي لتتمكن من تخفيض سرعتها دون أن تتسبب في عرقلة سير السيارات السريعة الموجودة على الطريق الرئيسي.
- مسارب الوقوف: وهو لراحة السائقين ووقوف السيارات لفترة.
- مسارب الاستدارة: مسارب حتى تتمكن السيارات من الالتفاف إلى الجهة الأخرى.
- مسارب مساعدة: مسارب لدخول السيارات إلى الشارع الرئيسي دون تسبب في عرقلة السير وهو يساعد أيضاً على تسهيل عملية السير.

الجزر: Median Strips for divided Highways

تعريف الجزيرة: وهو الجزء المنشأ الذي يفصل الطريق إلى جهتين إحداهما للذهاب والأخرى للإياب.

الهدف من انشاء الجزر:

- تسهيل عملية المرور.
- تخفيض نسبة الحوادث.
- التغلب على تأثير الأضواء المرتفعة المقابلة ليلاً.

ويتراوح عرض الجزر ما بين (1.2)مم إلى(30) متراً حسب المساحة المتوفرة وتكلفة الأرض وعدد المسارب المطلوبة والسرعات على المسارب، فتستعمل الجزر الموصوفة في المدن غالباً حيث ترتفع قيمة الأرض ويكون عرضها قليلاً أما خارج المدن فتكون هذه الجزر ذات عرض صغير نسبياً أقل من تلك في المدن.

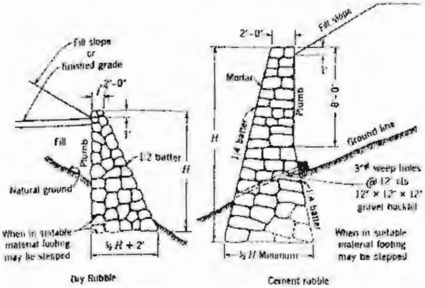
اشكال الجزر على الطرق:

- جزر مستمر لافتحات فيها.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق عند فتحات الاستدارة.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق لدخول إلى طريق رئيسي بنفس سرعة السيارات على هذا الطريق.
- جزر تؤدي إلى أماكن توقف السيارات(كراجات خارج مسرب الطريق الرئيسي) وتؤدي إلى الدخول إلى مناطق السكن والمحلات التجارية.

الحواجز الجانبية/حواجز الحماية (Caurd Rails):

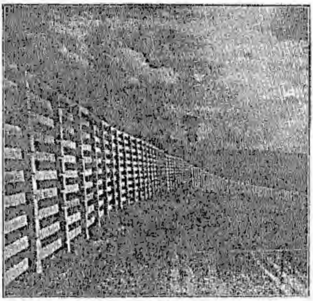
الهدف من أنشاء الحواجز اعطاء الأمان للسائق أثناء مرور على الطريق وخشية انقلاب السيارة أو خروجا عن مسارها نتيجة للسرعة أو التصميم السئ لجسم الطريق.

وتعمل هذه الحواجز أيضاً على منع مرور الحيوانات كالجمال وغيرها عبر الطريق وتسبب الحوادث للسيارات والركاب كما هو الحال في طريق عمان العقبة أو البحر الميت العقبة، وتصنع هذه الحواجز إما من المعدن أو من الخرسانة السابقة الصنع غالباً أو من الخرسانة العادية وفي بعض الأحيان من الأخشاب الغليطة أو من مجموعة من هذه العناصر مجتمعه وقد تكون أيضاً حوائط من الحجارة فقط أو من جدران استنادية (حجرية اوخرسانية) كما في الشكل (7- 2)، والشكل رقم (7- 3).



Cross sections of rubble retaining walls

الشكل رقم(7- 2)



A crib wall of precast reinforced concrete in New York State (Courtesy Universal Concrete Pipe Co.)

الشكل رقم(7- 3)

وغالباًما تستخدم هذه الحواجز إذا ما زاد والارتفاع عن(3) متر الجسم الطريق.

الخنادق: (Side Ditches):

تستخدم هذه الخنادق فيما إذا كانت الطريق منشأبعدالقطع، حيث تنساب المياه على سطح الطريق وتتجمع على جوانبها فتعمل مثل هذه الخنادق ذات المقطع شبه المنحرف أو المثلث أوالمستطيل كما في الشكل(ص 225) وأبعاد هذه الخنادق وميولاتها وخصائص القنوات الأخرى تتحدد من كمية التدفق في هذه القنوات ويجب الانتباه على موقع القناة بحيث لا تتنسب في حف وحت القناة عند التقاءها مع الميول الجانبية للاكتاف وتحفر هذه وتحفر هذه القنوات بواسطة المحمل (Shovel)اثناء عمليات انشاء الطريق ويكون ميل جانب هذا الخندق (3:1) غالباً من(30- 50)سم وللتقليل من عمليات الترسيب في هذه الخنادق تزرع جوانب الطريق بالإعشاب والاشجار الصغيرة لتمنع انسياب الماء على السطح مباشرةحيث تعترضه الحشائش والشجيرات وسيل سيلاًطبيعياً لا يحدث الحت وبالتالي الترسيب في الخندق.

الجدران الاستنادية Retaining Walls:

تبنى الجدران الاستنادية عندما تكون التربة ضعيفة ويخشى من انهيارها وبالتالي انهيار الطريق، عندما تكون الميل كبيراً فيتوجب إسنادالتربة لتمنع انجرافهانتيجة للميل الشديد، عندما تكون ثمن الأراضي مرتفعة وأن الأثنين تكون ملاصقة الحرم الطريق، عندما يتوقع حصول انهيار على جانبي الطريق نتيجة لتغلغل المياه أو لضعف التربة كما أسلفنا.

المواد التي تتبنى منها الجدران الاستنادية:

1. من الخرسانية العادية.
2. من الخرسانة المسلحة.
3. من الحجارة.
4. من الحجارة والخرسانة المسلحة أو العادية.
5. من الطوب حسب تصميم خاص.
6. من الطوب والحجر.

ويشترط في الجدارن أن يرتفع عن مستوى سطح الطريق وأن يكون قاعدته وجسمه بحيث يتحمل الاثقال التصحيحية للجدران الاستنادية.

الميول الجانبية: (Side Slopes)

أثر الميل الجانبي على الطريق : يتحكم في أثبات التربة او جسم الطريق
: يتحكم في صيانة الطريق
: يتحكم في الكلفة الاقتصادية
: يتحكم في تعريف المياه .

وكلما كان الميل أقل كان جسم الطريق أكثر ثباتاً بمعنى زيادة عرض الطريق بازديادارتفاعها وإذا زاد الميل يعني ذلك ازديادارتفاع جسم الطريق وأبقاء عرضها محصوراً في حرم الطريق.

والجدول التالي بين العلاقة بين الميل(أفقي إلى عامودي) وارتفاع الردم:

ارتفاع الردم	الميل
اقل من (1) م	1 :6
من 1 - 3م	1:4
3 – 4.5م	1:3
4.5 – 6م	1:2
أكثر من 6م	$1: 1\frac{1}{2}$

وفي مناطق القطع يتأثر الميل بارتفاع القطع ونوعيته

ارتفاع القطع	الميل
أقل من 3 أمتار	1:2
أكثر من 3 أمتار	1:1

أما في القطع الصخري:

ارتفاع القطع	الميل
أقل من (10) أمتار	3:1
من 10- 20متراً	2:1
أكثر من 20 متراً	2:1 لأول 40٪ من الارتفاع مع عمل بسطة بعرض 5م
أكثر من 20 متراً	3:1 لآخر 60٪ من الارتفاع

أخذت هذه البيانات من دليل تصميم الطرق في وزارة الأشغال العامة في الأردن.

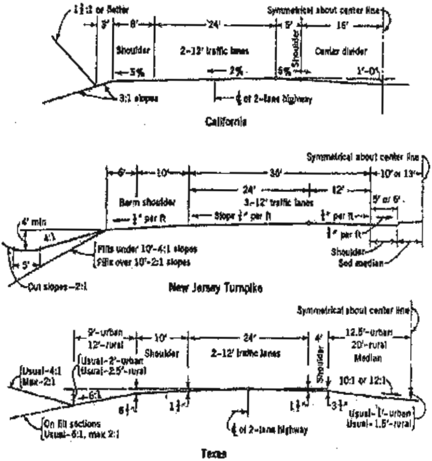
الميول المستعرضة Crass Slopes:

تستحدث الميول الجانبية في للطريق ما عدا حيث يوجد تعلية للمنحنى تؤدي بالمياه جميعها إلى الداخل وتستحدث الميول بكلا الاتجاهين من الخط المركز لطريق ذات المسربين وكل نصف من الطريق المقسومة له ميل منفصل مع كون الحافة الخارجية أعلى من الحافة الداخلية كما في الشكل( ) ويعطي الميل لأنواع الطرق الممتازة $\left(\frac{"1}{8}\right)$ أنش لكل قدم وعلى الأكتاف تكون الميول المستعرضة أكبر وفي بعض الأحيان تصل إلى $\left(\frac{"1}{2}\right)$ أنش لكل قدم أوحتى أكثر والميول المستعرضة لشوارع المدينة تنشأ مع سطح الطريق حيث تشكل شكلاً بيضاوياً (Parabola) وهذا يجعل المسارات الداخلية ذات السرعات الكبير، اقل استوائية من الخارجية وكذلك فإنه يجعل الميول الأكثرحدة تجاه بواليع تصريف مياه الأمطار والتي تجعل الميا تنحصر في اتجاه البواليع وفي الشوارع الكبيرةجداً تعمل القمة البيضاوية مستوية للمسار الأوسط إلا إذا كان مياه الأمطار عميقة ايضاً.

ميل الاكتاف بالنسبة للمادة المنشأ منها الكتف:

جدول رقم (7- 1)

مادة الكتف	الميل بدون أطارف	الميل مع وجود أطاريف
اسفلت	3 - 5	2%
حصمة	4 - 6	2 - 4%
تراب	6 - 8	3 - 4%



Typical cross sections of modern highways

مقطع عرضي لطريق مبينا عليه تفاصيل الطريق

الشكل رقم (7- 4)

الوحدة الثامنة

تصريف المياه عن سطح الطريق

تصريف المياه عن سطح الطريق
Highway Drainages

سنتطرق في هذا الموضوع إلى كيفية جمع ونقل وصرف المياه السطحية التي تتجمع عند أوعلى أو قرب الطرق مباشرة في حرم الطريق أوتجمعات الجداول والسيول التي تقطع أوتجاذي حرم الطريق ويجب إضافة نفقات أخرى على الطرق من أجل انشاء القنوات، والخنادق ولحواجز والمرات وأدوات مراقبة الحت، وكذلك على تنظيف وصيانة المصارف وإعادة البناء بعد كل فيضان أو خراب لهذه الوسائل.

ويتوجب إجراء مسح شامل لصرف المياه السطحية وكيفية مراقبتها والتحكم فيها ويبدأ ذلك يتقسم كامل المنطقة إلى إجراءلدراسة سقوط الأمطار عليها ثم تجمع هذه الأمطار في مجاري يتقسم كامل المنطقةإلى إجراء لدراسة سقوط الأمطار في مجاري كسيول خارج منطقة الطريق، وكذلك يجب دراسة المياه الساقطة على سطح الطريق مباشرة بدراسة الميول لهذه الطرق حيث تناسب مياه الأمطار على الجوانب وعليه يجب الانتباه إلى تصميم شبكات الصرف التي بدورها تنقل هذه المياه إلى الخارج حرم الطريق.

وتتلخص خطوات المسح الميداني في حقيقتين أثنتين هما:

1. هيدرولوجيا: تقدير القيمة القصوى لسقوط الأمطار التي نريد معالجتها.
2. تصميم هيدروليك: تصميم حجم ونوع الإنشاءات لتصريف هذه الكميات (الفيضان) وهاتين الحقيقتين تعطيان الدراسة بعدها الاقتصادي فهناك خسارة كبيرة للاقتصاد فيماإذا أغلقت الطريق وتوقف المرور والسير على الطريق نتيجة لفيضان المياه على سطح الطريق أو نتيجة لعدم تصريف المياه وقدرة المجارير أو القنوات على استيعابها بحيث تفيض على سطح الطريق، وعليه فإن التصميم الجيد هوالذي يستوعب كل ما سبق لـ (50) نسبة قادمة وليست(5) سنوات كما يصمم حالياً في المناطق المأهولة، وربما يكون الكلفة أرخص وخاصة في المناطق الخارجية في المناطق الخارجية المكشوفة على المدى البعيد لغمر الأراضي القريبة من الطرق السريعة بالمياه من أن تبدأ في أنشاء القنوات والعبارات والسدود.....

الهيدرولوجيا:

الهيدرولوجيا: هو فرع من الجغرافيا الطبيعية الذي يتعامل مع المياه على الأرض، وفرع الهيدرولوجيا الذي يتعامل مع المهندسون لطرق هوالذي يتعامل مع التغير والشدة للترسيب والتغير الذي يحدثه الترسيب في جريان المياه الأعظم الذي يساوي أو يزيدمن القيم الحدية والمهم أيضاًهو توزيع هذا الترسيب على الفصول الذي يؤثر على القشرة الأرضية من حيث النمو(حشائش– اشجار– غابات...) وغيرها التي تعلل من عملية الحت والأذابة للتربة.

ويجب أن يكون مفهوما أن التخمينات لمستقبل المطر والجريان على السطح من النباتات والتسجيلات المجمعة كلها مبنية على الاحتمالات وفي عبارة أخرى وهي الفرصة في حدوث أوعدم حدوث الشيء.

ولتوضيح ذلك اعتبرأن عبارة صممت لاستيعاب(50) نسبة فيضان، هذا يعني أن نسبة امتلاءالعبارة أوفيضان العبارة سيكون(1: 50) في سنة او فترة معينة وهذا لا يعني أن التصميم للفيضان او اكبر من ذلك سيحدث بالضبط مرة كل 50 سنة في الحقيقة أن الفرض هي(64) في المائة أن يحدث الفيضان بهذا المقدار في مدة (50) سنة وعلى الناحية الأخرى فمن الممكن حدوث عدة الفيضانات مثل هذا او بمقداراكبر في سنوات متتالية أو في سنة واحدة ولكن حدوثهما معاً هو نادر للغاية.

ويحدث الترسيب على مطر أو شكل ماء متجمد المسمى بالثلج ويحدث هذه الظاهرة حين تجبر طبقة لهواءالدافئ الرطب في طبقات الجو العليا عندمروره على القمم الجبلية العالية على الصعود إلى أعلى بسبب كتلة هوائية باردة أوتصعد إلى هواء أبرد كما في العواصف الصيفية الرعدية، وأن مدة وشدة الترسيب الحاصلة هذه العواصف تختلف اختلافاًبيناً ومن أسباب تكون الترسيب أيضاً تغيران الجو الأرضية ونسبة الرطوبة الجوية للهواء، سرعة الرياح واتجاهه وارتفاعه، ويتبع هذا أن المعلومات المجمعة من أجهزة أقيسة المطرفية اماكن مختلفة لعطي فقط ترسيباً تقريبياً في كل منطقة وسيكون لاختلاف ملحوظاً على طول خطوط الطرق

الخارجية، بعض من الترسيب والمطر المتساقط يتبخر أثناء ونزوله في طبقات الجو وبعضا يحجز على أوراق النباتات، وبعضه يتبخر ثانية ويعود إلى طبقات الجو عن طريق ما يسمى النتح للنباتات وجزء من هذا المطر والجريان ينزل إلى باطن التربة إلى باطن التربة حيث يغذي الآبار الجوفية والينابيع وما تبقى من كل ما ذكر أعلاه يجري على السطح في هيئة جداول وأنهار وسيول تصب في النهاية في المحيطات او في أحواض مجمعة للمياه كالسدود والبحيرات الصناعية، وهذا يعتمد على ميلانات الاسقف والشوارع والتربة بأنواعها خاصة الصخرية منها، وأيضاً فإن ذوبان الجليد وهذه الميلانات والكميات الضخمة للجليد تسبب الجريان على سطح الأرض.

وكلما كانت القنوات أكبر كلما تستطيع صرف كميات أكبر من هذه المياه المجمعة وتحويل وجهتها إلى أماكن تجميع وهكذا.

وتبين مما ذكر أن تحيد القيمة القصوى للجريان من جداول الأمطار تصبح أكثر صعوبة.

الجريان من سجلات تدفق الأودية والجداول:

(Runoff from Stream How recods

حيث توجد محطات قياس على الأودية والجداول فإن القرارات المسجلة الشكل رقم(8- 1)تبين مقدار تذبذب حدوث الفيضان ومـا إذا كانت مساوية أو أكثر في المقدار عن ماسواها الطريقة النسبية (the rational Method) للحساب بهذه الطريقة لكمية التدفق تستخدم المعادلة $Q = C\,i\,A_d$ (الفرن الواحد=4 بوتمات).

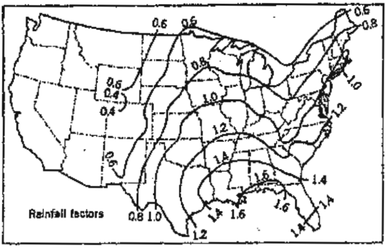
وهذه المعادلة ليست صحيحة الأبعاد بالمطلق ولكنها حسابياً تعطي نتائج صحيحة حيث ان(1 أنش في الساعة لكل فدان،(1) قدم مكعب/ثانية تعطي نفس الكمية من المياه في وحدة الزمن ضمن(0.8٪).

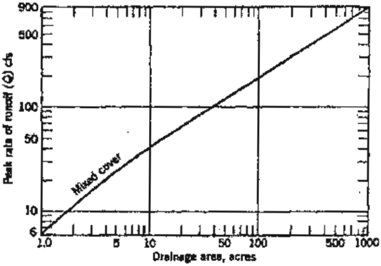
نوع منطقة الصرف	المعامل (Z) للجريان السطحي
خرسانة أو سطح أسفلتي	0.9 – 0.8
طرق ذات فراشة حصوية مفتوحة	0.6 – 0.4
ارض مكشوفة	0.8 – 0.2
أطاريف وسطية	0.4 – 0.1
حقول راعية (مزروعة)	0.4 – 0.2
مناطق حرجية	0.2 – 0.1

جدول رقم (8- 1)

هذه الأرقام تعني أن إذا اهطل 1م^3 من الأمطار فإن ما نسبة(80٪- 90٪) ينساب على السطح من هذا المتر المكعب.

وحيث أن غطاء الأرض غيرمتشابه فإن منطقة الصرف في بعض الأحيان تقسم إلى مناطق اصغر ويحسب معامل مزدوج بوزن كل معامل لكل منطقة وفقاً للمساحة.





Land Use and Slope Factors

Land slope	Steep, over 2%	Flat, 0.2%	Very Flat but No Ponds
100% cultivated (row crops)	1.3	0.8	0.25
Mixed cover	1.0	0.5	0.2
Pasture	0.8	0.4	0.1
Woods, deep forest litter	0.3	0.2	0.05

Frequency Factors

For 50-year frequency, multiply by 1.2
For 25-year frequency, multiply by 1.0
For 10-year frequency, multiply by 0.8
For 5-year frequency, multiply by 0.6

Example

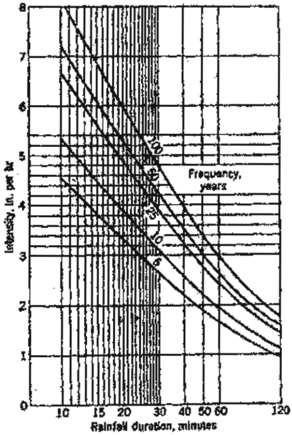
100 acres of pasture land in southern Ohio. Slope 0.2 ft per 100 ft. Design is for 10-year flood frequency.

Q	=	900	×	0.9	×	0.4	×	0.8	= 60
Runoff in cfs		Runoff from chart		Rainfall factor		Land use and slope factor		Frequency factor	

Peak rates of runoff from small watersheds in humid regions (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم (8- 1)

شدة السقوط للمطر (i) يتم الحصول عليه من التسجيلات من دائرة الإرصاد الجوية سقوط الأمطار مقابل مدة وقت السقوط لفترات التكرار المختلفة شكل رقم(8- 2) واختيار القيمة الحقيقية لشدة سقوط المطر يعتمد على التقدير المتكرر المقبول للحدوث الفيضان المصمم ووقت التركيز للمنطقة ووقت التركيز للمنطقة هو الفترة المطلوبة للمياه للوصول للمخرج من أبعد نقطة في الحوض وفي بعض الأحيان فأن بعض البيانات يمكن الحصول عليها وقت حدوث التدفق على المنطقة حتى الوصول للقنوات المحددة والوقت التقريبي لتدفق القناة ممكن الحصول عليه من خلال القراءات المسجلة المرئية أو المقدرة للسرعة.



Rainfall intensity, duration, and frequency for the southern one third of Ohio (Courtesy Ohio Department of Highways)

الشكل رقم (8- 2)

والمعادلات التي تعبر عن الوقت المركز معلومية خصائص تساقط المياه قد طورت ن قبل وكالات متخصصة وتحددمساحة الصرف A_d والخطوات من الخرائط الطبوغرافية، والصور الجوية، ومن المسح التقريبي الذي يعتمد بدقة على أدوات المساحة كالبوصلة والدقة لاتكون مطلوبة هنا وتعتمدالطريقة النسبية على:

1. ان الحوض في حالة اتزان(الخارج من التدفق للحوض يساوي كمية المطر- الكمية المحجوزه على الحوض الذي يعتمدعلى خصائص الحوض).
2. ان شدة سقوط المطر متساوية على كامل المساحة متجاهلاً العناصر الأخرى المؤثرة.
3. حدوث الفيضان يكون بنفس التذبذب لزيادة تدفق مياه الأمطارمعتمداً على طبيعة السطح والعوامل الأخرى وهنا يعتبرالجريان السطحي الأعظم سيحدث فقط باتحاد وجمع المطر الغزير والمطر السابق عليه.

إذا عمل التصميم لحدوث مرة لكل عشرة سنوات سقوط أمطار والأرض رطبة قبل حصوله هذه العاصف ولكن مرة في خمس مرات فإن احتمالية حدوث الفيضان هي $\frac{1}{10}$ او $\frac{1}{5}$ او $\frac{1}{50}$ او مرة في 50سنة.

المعادلة النموذجية (Empirical Formula)

المعادلةالمستخدمة هي: $a = CA_{d^{3/4}}$

حيث a فتحة التصريف بالأقدام المربعة.

c معامل قيمة ما بين (1.00) للسطح المنحدر كثيراً؛ والأرض صخرية إلى(0.6) للمناطق الجبلية متوسطة الانحدار إلى(0.2) للمساحات المستوية غيرالمتأثرة بالثلج هذه المعادلة لحساب فتحة التصريف التي تستوعب الفيضان الأعظم لمياه الأمطار.

إيجاد كمية الجريان السطحي من وحدة الهيدروجراف:

الهيدروجراف هو رسم التدفق على المحور الصادي مقابل الوقت على المحور السيني، والهيدروغراف بين خصائص نزول الأمطار على الحوض وقد لاحظ أن ضمن حدودمقبولة لكمية سقوط مطرمشابه لنفس الفترة والتوزيع سينتج وحدة هيدروغراف متشابهة لنفس الشكل.

مبادئ التصميم الهيدروليكي Hydraulic Design Princples

مبادئ التصميم الهيدروليكي للطرق السريعة يطبق المبادئ الأساسية لتدفق السوائل خاصة المتصلة بالقنوات المفتوحة والأنابيب المغلقة أوالعبارات وفي جميع الأحوال فالحلول مواجهة إلى المشكلة الرئيسية في احتواء الحجوم الكبيرة من مياه الأمطار، وللتوضيح فالفتحات الموجودة عبرالطريق لعترض المياه التي تنساب على الأرض في حرم الطريق، وكذلك ومرة أرى فالمياه المتجمعة من الأودية الصغيرة يمكن تجميعها وتمريرها تحت الطريق في نقطة تجمع واحدة(موقع واحد)، وكثيراً ما تحول هذه الأودية الصغيرة إلى القنوات التي تختلف في طولها ومقطعها وخصائص الجريان منها، هذه الأمثلة تبين أن أغلب كل تغيير يقلب التوازن الناتج عن العواطف غيرالمعدودة سابقاً، وعلى الأخص أن هناك احتمالية لسرعة أعلى للتدفق من تلك التي تسبب الحت المكلف غير المرئي.

والحت بدوره يخلق بقايا التي تنتقل في المجاري السفلية وتترسب عند النقاط التي عندها تقل السرعة(تتكسر عندها السرعة) وتجمع المياه في برك على جوانب الطرق يمكن أن يخلق مشكلة تبين من حيث إيجاد وسط لتوالد التعوض الذباب وغيره وكذلك فإن تسرب المياه من هذه البرك إلى الطريق يضعف البنية التحتية لطبقات الطريق. والتغيرات اللازم في التصحيح يجب أن لا تخلق عند أي نقطة سرعات تؤدي إلى خلق مشكلات حت جديدة.

وقاعدة أخرى في التصريف أن جميع المياه يجب تصريفها بعيداً وبعد كل عاصفة مطرية(سقوط أمطار) عن جسم الطريق.

تصريف المياه عن الطريق وجوانب الطريق (طرق زراعية – ريفية)

Drainng the Roadway and roadside

المياه المتساقطة على سطح الطريق تعرف أما جانبياً أو قطرياً تحت تأثير ميل مقطع الطريق أو التعلية في رصفه الطريق والاكتاف والشكل رقم(8- 3) يبين مقطعاً نموذجياً لميل المقطع(طريق ريفي مزدوج المسارب فحينما ينشأ الطريق على ملم فإن المتداول أن يسمح للمياه بالسيلان أوالجريان إلى الاكتاف ومن ثم إلى اسفل الميول الجانبية للأرض الطبيعية ويحدث حت بنسبة بسيطة إذا رضعت هذه الميول، بينما إذا لم يكن هذه الميلانات محمية يمكن أن تنجرف بشدة إذا ما كانت التطعجات في سطح الطريق أوالاكتاف والتي تركز هذه المياه في جداول صغيرة ومن تقنيات منع هذا الانجراف لميلانات الجوانب هو تجميع هذه المياه على الحافة الخارجية للاكتاف كما هو مبين في الشكل (3/أ).

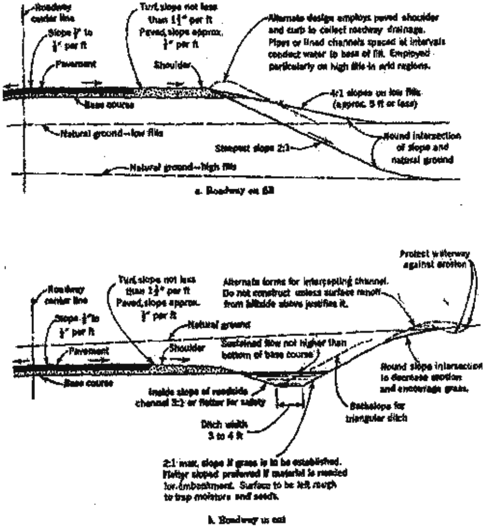


Fig. 8. Typical highway cross sections incorporating good drainage features.

الشكل رقم (8- 3)

وآخر وللرصفات/الطريق الخرسانية تعمل جافة واطئة أوشفة واطئة في الحافة الخارجية لجسم الطريق وهنا سيكون تجمع مياه باتجاه طولي مع حافة سطح الطريق.

وحين يكون مقطع الطريق(قص) (Cut) فإن المياه من؟؟؟؟ من مسافات بعيدة تجمع في قناة جانبية على الطريق مقطعها ذات شكل شبه منحرف أومثلث وأبعاد هذه القنوات وميلا وخصائصها الأخرى يقررها كمية التدفق الذي ستستوعبه هذه القنوات والشكل(3- ب) بين القنوات الاعتراضية التي تسمى احيانات حفرة التاج (Crown ditch) ممكن استخدامها على أعلى ميل القطع.

تصريف المياه عن الطريق في المناطق المتحضرة(العمرانية)

تسيل المياه المتساقطة على أو على القرب من شوارع المدينة وعلى الطرق السريعة أوالطرق الحرة تسيل هذه المياه بإتجاه مصارف مياه الأمطار ثم إلى خطوط صرف مياه الأمطار تحت الشارع.

توصيلات هذا النوع تبدو مكلفة مقارنة مع يناسب المناطق الريفية وهذه الكلفة مقدرة حيث أن الطرق الحضريةالعمرانية تستوعب كمية كبيرة من المركبات وكذلك تخدم المشاه وعلى الطرف الآخر فأن الخراب الذي يحصل في المناطق العمرانية نتيجة للفيضان يكون أكبر كثيراً.

وتصمم البلاعات ومصارف المياه على الطرق الحضريةالعمرانية لتحد من أنتشار سرعة المياه على سطح مسارب الطريق ومن المفترض أن لا تنتشر المياه بأكبر من مترين من المصرف باتجاه أعلاالمسرب لعاصفة أمطار مدتها(20) دقيقة وسنة فترة تكرار وعودة.

ومن الملاحظ أن عواصف الأمطار ذات الفترة القصيرة تكون شدتها أعلى بكثير، لدرجة أن السيارات تسير ببطء شديد بسبب عدم وضوح الرؤيا بسبب كثافة المطرالمنهمر على زجاج السيارة بحيث أن المساحات على الزجاج لا تستطيع إزالة مياه المطر كلية عن الزجاج.

ودورة العاصفة المطرية السنوية تحددالمسافات بين البلاعات اومصارف المياه ويتوجب ان تكون فتحات هذه المصارف تستوعب كمية المياه المتدفقة فيها وعليه يتوجب ان تكون فتحات هذه المصارف اوطأ قليلاًمن مستوى الاسفلت، وفتحات المصارف والبلاعات يجب أن تصمم بطريقة المعادلة النسبية باستخدام معامل جريان حوالي(0.9) إذا كانت الشوارع والمنطقة جميعها مزفتة، أما الأنابيب الأكبر للصرف تحت سطح الشارع فيجب أن تصمم مدة عودة أقلها(10) سنوات والأكثر قبولاً أن تصمم لمدة عودة مقدارها(25) سنة إذا كان فيضان المياه بشكل نتائج خطيرة وانابيب مياه الإمطار غالباً ما تصمم على أنها مملوءه كاملة أي أن مقطع الأنابيب يكون ممتلئاً ويعمل تحت الضغط، أما إذا كانت العبارة أو المجرى على شكل مستطيل أو شبه منحرف مفتوح فيعمل التصميم على أنها مملوءة تقريباً.

القنوات Channels:

جميع المنشآت المائية تصمم على أنها مملوءه أو شبه مملوءة بالمياه، وتستخدم المعادلة التالية للتيار المنتظم التي يسمى معادلة ما نتج Manning Formula وهي: $V = \frac{1.486}{\eta} R^{2/3} S^{1/2}$

حيث:

V : متوسط السرعة قدم/الثانية

R: ثابت ما نتج للخشونة (Roughness Coefficent) الجدول رقم (2)

R: القطر الهيدروليكي بالقدم = $\frac{\text{مساحة مقطع التدفق}}{\text{المحيط المبلول للقناة}}$

Z: ميل القناة

η Table 2: Representative Values of Rounghness Coefficient for Various Channel Linings

Manning Formula

Type of Lining	Value of η
Ordinary earth, smooth graded	0.02
Jagged rock or rough rubble	0.04
Rough concrete	0.02
Bituminous lining likely to be wavy	0.02
Smooth rubble	0.02
Well- maintained grass – depth of flow over 6 inches	0.04
Well – maintained grass- depth of flow under 6 inches	0.06
Heavy grass	0.10

جدول رقم (8- 2)

Also:

$$Q = VA = \frac{1.486}{\eta} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Where: Q = discharge, cubic feet per second.

A = area of the cross section, square feet.

في بعض الأحيان تحدث والمعادلة لتعطي الأبعاد لقناة أو مجرى مائي مغلق (أنابيب) مباشرة المياه المناسبة على ميل أو انحدار بسيط في قناة مفتوحة يكون في حالة سكون/هدوء ويسمى التدفق الهادي/العطبي (Tranqlid How) والمياه المنسابة على ميل انحدار كثير في قناة ومفتوحة يكون في حالة سرعة ويسمى التدفق السريع (Rapid How) كما في الشكل رقم(8- 4).

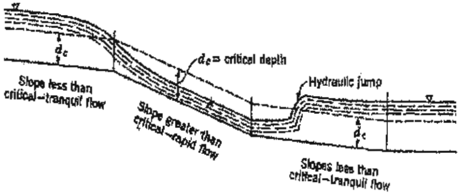


Diagram illustrating the effect of critical depth on flow in open channels and partially full culverts

الحل المناسب لمشاكل القنوات يعتمد على هذا الفرق، فالتدفق الهادىء يحصل حين يكون عمق الماء في القناة يتجاوز العمق الحرج (Critical depth) أي أكبر، التدفق السريع حين يكون العمق أقل من الحرج، وطبيعياً فإن العمق الحرج يوضح بالعمق الذي عنده يتدفق الماء من فوق الهدار (Weir)، وحسابيا فالعمق الحرج يحدث عندما يكون عمود السرعة $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ هو نصف العمق الحرج وعليه فإن العمق المتوسط هو مساحة مقطع التدفق مقسوماً على عرضه عند سطح السائل، ويتيح هذا أن العمق الحرج مستقلاً أو منفصلاً عن ميل القناة والخشونة وله قيمة ثابتة طالما أن كمية التدفق وأبعاد القناة تبقى ثابتة.

ويجب الملاحظة على أي حال على أن خشونة القناة لا تدخل في حسابات الميل الحرج (Critical Slope) الذي عنده يحدث تدفق منتظم عند العمق الحرج، وتأثير العمق الحرج على الخصائص مبين في شكل(4)، عند قمة الميل المنحدر القوي، فإن إزدياد السرعة بين التدفق الساكن(الهادئ) والتدفق السريع يحصل بسهولة لمسافة قليلة ويبدأ هبوط مستوى سطح الماء على الجهة العليا من التغير في الميل، وحيث ميل سيل المياه ينبسط مرة أخرى فإن التحول من التدفق السريع إلى التدفق الهادئ يحدث فجأة في القفز الهيدروليكي (Hydraulic Hump) الذي فيه يمتص التدفق الدوامي (Turbulance) جزءاً من الطاقة للمياه المتدفقة، وعلى مسافة من

السيلان السفلي (down stream) من القفز الهيدروليكي يتقلطح ميل القناة حتى أكثر، فيسبب هذا ازدياداً في تناقص السرعة وزيادة في عمق السيلان الذي يبدأ على مسافة أعلى السيل (Upstreaw) من المستوى المتغير كما في الشكل(1- 4).

والهدف من تصميم القنوات هو إيجاد المقطع الذي سيكون أرخص للإنشاء والصيانة وميل الجانب بنسبة(1:2) أو أكثر استوائية ضروري إلا في التربة الصخرية أو التربة الصلبة، أو حيث تبطن القناة، وللقنوات غير المبطنة فإنه يعمم أن أفضل مقطع هو الذي له أقل مجموع حفريات، وهذه القاعدة تطبق فقط حينما تكون أنجاز الحفريات بالأدوات والطرق العادية، وتصميم القنوات المفتوحة يمكن تنفيذه باستخدام معادلة ما نتج حسابياً، وبالإمكان استخدام الجداول (جدول مانتج) لسهيل عملية التصميم دون حسابات، كما هو موضح في الجدول رقم(8- 3) شريطة استبعاد إمكانية الحت في حدود معينة.

والجدول التالي يبين السرعان القصوى الأمنة عند استبعاد إمكانية الحت (Erosion)

Maximum Safe Velocites When Channel Erosion is to be Prevented

Type of Lining	Allowable Velocity Ft per Sec
Well- esrablished grass on any good soil meadow type of grass with short, pliant blades, heavy	6
Stand, Such as bluegrass	5
Bunch grasses, exposed soil between plants Grains, stiff – stemmed grasses that do not bend over	2-4
Under shallow flow	2-3
Earth without vegetation	1-2
Fine sand or silt, little or no clay	2-3
Ordinary from loam	4
Stiff clay, highly colloidal	4
Clay and gravel	4
Coarse gravel	5
Soft shale	

الجدول رقم(8- 4)

السدود المؤقتة وحواجز التحويل (DIKES):

حواجزالتحويل هي حواجز ترابية تنشالتحتوي أو تحول سيلان التدفق وحيث الانشاءات تكون فوق المستوى الموجود للأرض لستخدم الحواجز فقط، وهذه السدود أوالحواجز أوكليهما تعتبر الأكثر اقتصاداً حيث يمكن ان تعمل الحواجز من حفريات القناة وكانت هذه الحواجز تعمل سابقاً بالقاء بقاياالحفريات عشوائياً في منطقةمعينة(طمم فالض) من حفريات النباتات مثلاً، ولكن حالياً يجب أن تكون هذه البقايا مفروشة على طبقات ومدموكة أن استخدمت في أعمال الطرق.

وأوجه الحواجز المحمية المعرضة لسيلان المياه الخفيف تكون معرضة للحت ولمقاومة ذلك تعالج كما تعالج القنوات المفتوحة، وكذلك فإن حماية الجوانب بالصخر والاسلاك قد أثبت فعاليته أمام سيلان المياه أوحتى انهيار التربة.

العبارات Culverts:

التعبير يشمل كل أنواع النواقل المغلقة المستخدم للصرف على الطرق عدا مياه أمطار الشوارع، والعبارات أكثر شمولاً من الجسور حيث تحتاج للأخير إلى تصميم يختلف في كل حالة.

أنواع العبارات Culvert Types:

أكثر الأنواع شيوعاً وموادها ومقاطعها مبنية في الجدول رقم(8- 5) فللفتحات الصغيرة تستخدم المواسير الموجودة في الأسواق، أما العبارات ذات القوس المحدب من أعلى فيستخدم إذا كان الارتفاع محدوداً فوق القوس المحدب.

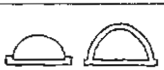
وللفتحات المتوسطة فالأنابيب والعبارات الصندوقية هي الأفضل، وللفتحات الكبيرة فالمقاطع ذات العين أوالفتحة الواحدة أوالعبارات الممتدة لجسور هي المفضلة، واستخدام المواسير الخرسانية المسلحة اوغير المسلحة في بعض الاحياء لنفس الغرض السابق.

وتستخدم عبارات الجسور بدلا من العبارات الصندوقية اذا كانت الاساسات غير قابلة للتعرية ولا تحتاج الى اجنحة غالباً، وربما تكون العبارات القوسية المحدبة اقتصادية اذا كان الطمم فوقها كبيرا حيث كمية المرور كبيرة.

وفي الأحوال العادية فإن اختيار نوع العبارة ومادتها يؤسس على أساس الكلفة التنافسية وطبقاً بعض العوامل ممكن أن تتحكم في ذلك فعلى سبيل المثال وجود المادة المسارعة للصدأ في تربة ما تمنع استخدام بعض المواد إلا إذا اتخذت بعض الاحتياطات التي ينصح بها.

ومرة أخرى إذا كان موقع الإنشاء طرفياً فإن الاحتمالية والسهولة في الأنشاء يفضل أن يكون بإستخدام المقاطع سابقة الصنع، وفي بعض الأحيان فإن عدم وجود فنيين مدربين مهرة وكذلك الوقت ممكن أن تتحكم في التنفيذ التصميم.

وعلى اي حال فإن القرار يجب أن تبني على جميع الاحتمالات التي وردت سابقاً.

النوع	المقطع	المادة
Culvert Type	Typical Cross Section	Common Materials
Pipe, single or multiple		Corrugated metal, plain or reinforced concrete, vitrified clay, cast iron
Pipe arch, single or multiple		Corrugated metal
Box culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Bridge culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Arch		Reinforced concrete, corrugated metal, or stone masonry arch on reinforced-concrete foundation

Common culvert types and materials

انواع العبارات ومقطعها وموادها

الشكل رقم (8- 5)

الموارد المستخدمة في انشاء العبارات Materials in culvert:

1. من الخرسانة المسلحة (عبارات صندوقية – قوسية،.....) لأرضية وسقف وجدران العبارة.
2. من المعدن المدهون والمعزول ليقاوم التآكل والصدأ.
3. من الحجارة وخاصة للعبارات القوسية(السقف على شكل قوس).
4. من طوب المقصور من الداخل للجوانب، والأرضية من الخرسانة أوالحجر والسقف من الخرسانة المسلحة.
5. من الخرف المزجج(مواسير ذات أقطار متواضعة) كعبارة طولية غالباً.

الأحمال والضغوطات على العبارة Culvert loads and stresses:

تتعرض العبارة لأحمال علوية عامودية كعجلات المركبات ووزن المركبة وزن الطمم وكذلك لأحمال أفقية من ضغط التربة، وعلى الأخص العبارات الأنبوبية تتعرض لأحمال لا يعرف مقدارها بدقة ومن العوامل الكبيرة المؤثرة سمك الغطاء، طبيعة وكثافة التربة من أعلى وعلى الجوانب، عرض وعمق والخندق، التغير في المواسير تحت ثقل الأحمال وطريقة الأنشاء في الميدان.

وتعتمد حسابات الضغط على الافتراضات بالنسبة لطريقة الارتكاز تحت الماسورة والنتائج تبدو بعيدة ما بين نقطة الارتكاز على سطح المستوى للخندق والارتكاز الموزع عندما يكون الأنبوب مدهوناًبعناية أومحملاً على الخرسانة.

تركيب العبارة Culvert Installation:

تركيب العبارات كما تنص عليها المواصفات مع العطاء العناية الخاصة الأرضية العبارة، والطمم لحماية العبارة نفسها ولحمايتها أيضاً من أي هبوطات، فللطمم يفضل أن يكون ذو رطوبة نسبة محسوبة ويوضع على طبقات ويدمك بمطبات ميكانيكية(زجاج نطاط) والبعض يسمح باستخدام الرمل والحصمة كمادة طمم.

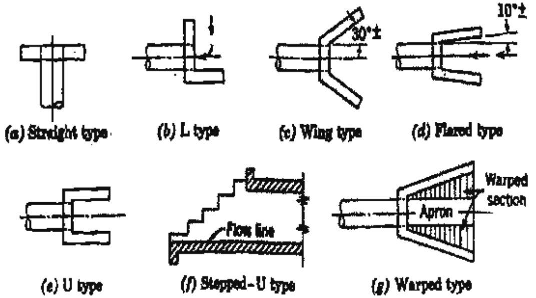
حوائط البداية وحوائط النهائية (head walls and Endwalls):

تبدأ معظم العبارات بحوائط بداية عند طرفها العلوي وتنهي في نهايتها السفلي بحوائط النهاية، وحوائط البداية توجه تدفق المياه إلى العبارة وحوائط النهاية تسمح بتدفق المياه من نهاية العبارة إلى القناة الاعتيادية، وكلا الحالطين يحميان العبارة من الانهيار تحت ضغط مياه الفيضان ومن الأشكال المتعددة لهذه الحوائط ما هو مبين في الشكل(7) وتنشأ هذه الحوائط في البداية والنهاية من الخرسانة المسلحة في الموقع.

ويفضل في بعض الأحيان بناء قواطع (Cut offwalls) تمتد تحت المنسوب المتوقع للرواسب وتستخدم الحوائط المستقيمة عند البداية والنهاية للعبارات الانبوبية الصغيرة، ولكن هذه لاتعتبر ذات كفاءة إلا إذا كانت زواياها مستديرة.

والنوع (L) من حوائط البداية يوجه تدفن المياه من قنوات الشوارع إلى العبارة تحت سطح الطريق.

وللعبارات الكبيرة فيستخدم حوائط الاجنحة (Wing Type) كما في الشكل رقم (8- 6) بشكل كبير، ويقدر الفاقد عند المدخل يبلغ حوالي (15٪) من السرعة الرأسية إذا ما قورنت بفقد مقداره (15٪) بتصميم مداخل هيدروليكية.



Typical headwalls and endwalls for culverts.

حوائط بداية ونهاية العبارات (اشكالها وانواعها)

الشكل رقم (8- 6)

التحكم بالبقايا:

يحمل الفيضان غالباً كميات كبيرة من الاغصان،الاشجار، شجيرات تسبب إنسدادمدخل العبارة، ويرتفع منسوب المياه حتى يصل على منسوب الشارع وربماأكثر منذ ذلك، ولتلافي ذلك تركيب على المداخل شبكة حديدي ذو فتحات تحجز هذه المواد خلفها وتمرر المياه من خلال فتحات الشبكة، وكذلك يجب التخلص من الحجارة الكبيرة أيضاً.

عبارات المواسير: pipes culvers

حسنات عبارات المواسير(عين واحدة أو اكثر) (Precast Pipes)

عادة تكون هذه المواسير مصبوبةمسبقاً وتركب في موقع العمل غالباً بطريقة الراس والذيل، وتكون بأطول قصيرة او طويلة فالقطعةالواحدة يتراوح طولها ما بين(80) سم ومترين وتجمع هذه القطع لتعطى شكل وطول العبارة التي تفي بالغرض حسب التصميم المطلوب.

حسنات هذا النوع من العبارات:

1. سهولة تركيب هذه المواسير والسرعة في الإنجاز خاصة عند التقاطعات بحيث لا تعطل السير.
2. لا تحتاج على عمالة فنية ماهرة.
3. يمكن تركيبها في جميع الظروف الجوية.
4. تركب حينما يكون ارتفاع الردم قليل.
5. يمكن نقل المواسير أو انشاء العبارة مؤقتة وتغيير مكانها لاحقاً.

ومن سيئاتها:

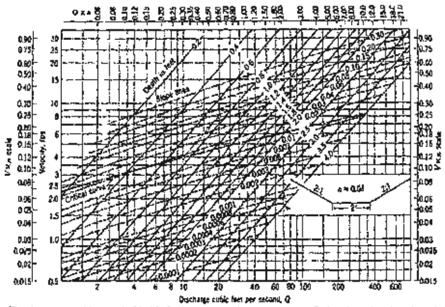
1. ثقيلة الوزن.
2. تحتاج إلى آليات لرفعها وتركيبها في المكان.

حسنات عبارة الصندوق (Box Culvert):

1. تستوعب كميات كبيرة من مياه الفيضان حسب عدد الفتحات.
2. تستخدم حينما يكون الردم(الطمم) عليها كبيراً.
3. أقوى من النوع عبارات المواسير ويدوم طويلاً.
4. تستخدم مقاطع الطريق الكبيرة أيضاً والصغيرة منها.
5. تستخدم حينما تكون التربة ضعيفة نسبياً.

مساوئ عبارة الصندوق:

1. تحتاج إلى معدات أنشائية كثيرة.
2. كلفة عالية إذا ما قورنت بالعبارة الانبوبية.
3. تحتاج إلى صيانة دائمة ودورية.



Flow in a trapezoidal channel with 2-ft flat bottom and sides on 2:1 slopes. Critical depth is independent of channel roughness and must be read only from Q scale; critical slope is dependent on channel roughness and is read at intersection of critical depth and vertical line Q·n (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

Example 1. Given: Discharge, Q = [illegible] cfs; roughness, n = 0.03; slope, S = 2% or 0.02. Read upward from Q = [illegible] to intersection with S = 0.02, and find normal depth, d_n = [illegible] ft and normal velocity, V_n = [illegible] fps. Also, for Q = [illegible], critical depth, d_c = [illegible] ft; critical velocity, V_c = 7.0 fps and critical slope, S_c = 0.01[illegible] or 1.[illegible]%. This flow is supercritical and control is upstream.

Example 2. Given: Discharge, Q = 50 cfs; roughness, n = 0.06; slope, S = 0.5% or 0.005. Read down from Q × n = 50 × 0.06 = [illegible] to slope, S = 0.005, and find normal depth, d_n = [illegible] ft and V·n = 0.09. Compute V = 0.09/0.06 = 1.5 fps. To find critical depth and critical velocity for this discharge, read upward from Q = 50 to critical depth, d_c = [illegible] ft, and critical velocity, V_c = [illegible] fps. Critical slope for roughness, n = 0.06 is read at intersection of diagonal line d_c = [illegible] and Q·n = [illegible] and equals 0.07 or 7%.

جدول رقم (8- 3).

الوحدة التاسعة

رصفة الطرق

اسطح مكادام Macadam Surfaces:

اساسات مكادم Macadam Bases:

مقدمة:

التعبيرأوالاصطلاح مكادم استخدم لسطح الطريق أوالاساس الذي فيه تطحن أو تكسرالصخور الأصلية النظيفة وتعشق فيما بنيها بواسطة الزوايا وتدحل جيداً وتفرش عليها طبقة عن صخور مطحونة اقل حجماً من الأولى(حصمة) لإغلاق الفتحات وترش بالماء ثم تدحل ثانية.

ومنذ استكشاف مادة الاسفلت استخدم الاصطلاح مكادم السادة (Plain Macadam) اومكادم الاعتيادي وفي بعض الأحيان المكادم المائي لتميزه عن المكادم الاسفلتي الذي يستخدم فيه الاسفلت كمادة رابطة، وبدأ استخدام المكادام الاسفلتي بشكل واسع إلا أن الطبقة تحت الأساس بقيت كما هي في مكادام العادي، وكذلك النوع المسمى (Water bound Macadam) كطبقة اساس وفوقها طبقة مخلوطة من الحصمة والاسفلت وقدحسن العالم تريز وغيف من عملية الصرف وصمم الميول ب القوسي واستخدم الحجارة كأساس وقلل عمق الطبقة الحجارة المكسرة إلى(25) سم فقط.

وبعدالعالم تيرزوغيف إلى العالم تبلفورد وأنشا الطرق كما هي معروفة حتى اليوم، وبطريقته فإن سمك الأساس كان من بين الصخر أوالحجارة المكسرة ذات الحجم(7سم × 12سم × 15سم) (السمك× العرض× الارتفاع على التوالي) والسطح ما بين(10- 12سم) سمكها، وكان طبقة الأساس مستوية وقمة صغيرة عندالسطح في الحجارة بارتفاعات مختلفة، وطور مكادم طبقة الأساس لتكون من الحجارة المكسرة التي لا تتجاوز قطرها(2.5سم)،(وأفضل طبقة اساس بتلفورد من الدبش الكبير) وكانت سماكة السطح لا تتجاوز (25سم)، ولها قمة مقدارها(7.5سم) لكل 30قدم عرض طريق، واعتمدت على الدمك من مرور

الحافلات والسيارات التي تستخدم الطريق ويستمر الدمك هكذاحتى يصبح السطح ناعماً ومستقراً، وقدبينت الطرق بطريقة ما تدام سميكة كثيراً أكثر من(20)سم ونادراً ما كانت أقل من ذلك ولكن حين تبين أن طريقة مكادام للاسطح مانع للماء بينت الطرق بسماكات اقل من (20) سم وعمق(15)سم بعد الدحل أصبح نموذجياً.

أسطح مكادام Macadam Surfaces

طبقة تحت الأساس والأساسي:

بنيت طبقات مكادام العادية على تربة تحت الأساس والتي كانت قد حفرت باليدبعد تمشيط وتسوية الطريق الخشنة وهذه الطبقة تحت الأساس كانت على صورةخندق غيرعميق عامودي الجوانب الطريق عرضه قرابة(1) متر من كل جانب.

دمكت التربة بعناية وأغلقت جميع البقع الطرية اوازيلت وأغلقت بمادة صلبة، وتحتاج طبقة تحت الأساس المحفورة هذه إلى تصريف المياه من خلال الاكتاف، وعند دحله ودمكه بمدحلة ثقيلة من وزن(10) طن اصبح تحت الأساس، هذاجاهزاً لإستقبال الحجارة المكسرة لرصفة مكادام، وقد تم دمك الجهات داخل حواف الكتف أيضاً ولا يمنع التقوسات في طبقة ما تحت الأساس إلا التحضير الجيد.

وخندق تحت الأساس على أي حال كان من الصعب إجراءالتصريف له وضعيف عندالحوف ولجميع انواع، أما الأوجه الحديثة فقد استبعدت بسرعة من أجل طبقة أساس كاملة العرض بين حواف الاكتاف.

وحيث تتواجد أرض رخوة أو طرية فقد كان من الشائع أن تؤسس بطريقة تلفورد لأسطح مكادام كتحديث بطريقة تريزوغيف كما في الشكل رقم(9- 1).



Laying telford foundations in Mercer County, Pa., 1911

الشكل رقم (9- 1) يبين فرش اساس تيلفورد

وهي رصفة من الحجارة الكبيرة تفرش على كامل عرض الطريق بشكل عامودي على قاعدتها السميكة وقطرها الأطول على سطح الأرض، هذه الحجارة طولها يتراوح ما بين (25- 35سم)، وعرضها يتراوح ما بين (10- 15سم)، وعمقها يتراوح ما بين(15- 25سم) وتوضع هذه الحجارة يدوياً على العرض المحفور والمرتفع قليلاً من المنتصف ثم تحشى الفراغات بين هذه الحجارة وتكسر الزوايا الناتئة ثم تدحل هذه الرصفة ولكن يجب إغلاق البعض بقع الأرض الرطبة، الرخوة بمادة من حصمة جيدة بسمك من(5- 7) سم حتى لا تسبب هذه البقع أي هبوط أو تغير للرصفة لاحقاً.

مواد طرق ماكادم Material for Macadam Roads:

حيث أن الصلابة والقوة والربط متلازمات للصخور فقد أصبحت هذه الصفات هي المعتادة لمعايرة الحجارة لسطح مكادم وغيرها من الأسطح وفقاً لـ نسبة الحت (Percent of wear)، وقد قسمت الحجارة إلى نوعين:

أ. صخور بركانية.

ب. عدا ذلك.

وقد تم فحص الحجارة من قبل العالم الفرنسي ديفال الذي قام بإستنباط طريقة لإيجاد معامل خاص تقسم الرقم (40) على نسبة الحته وعليه فأن حجراً بنسبة حت مقدارها (5٪) له معامل فرنسي قيمة (8) وأغلب الصخور قد بينت تناقص في نسبة الحت وقد اعتمدت اليوم طريقة العالم راتل من لوس انجلوس لفحص الحت ويسمى الفحص لاحقاً بـ فحص لوس انجلوس للحت.

وتشتمل الصخورالبركانية على البازلت، الانديست، الديابيز، ديوراتت، الجاربو والريولايت وإي صخور أخرى بركانية وهذه الصخور اكثر كثافة وأكثر حبيبات ناعمة من الجرانيت ولها قدرة على ترابط وتداخل النسيج الكريستالي معطياً قوة عالية وتدرج حت من (2- 4) ونسبة حت فرنسية من(10- 20) وصلادة من(13- 20)، وقداستخدمت صخور أخرى مناسبة من الجرانيت،الحجر الجيري، الدولوميت ومن بعض الحجارة الرملية القاسية، ويستخدم أيضاً حصمة الشواطئ أو الحصمة المكسرة وهكذا.

<u>ملاحظة:</u>

إذا قلنا ان الصلادة هي(20) فإن معامل الصلادة هو(20- $w\frac{1}{3}$) حسبت W هوالنقص في الوزن بالجرامات تقالب قطر(25ملم) بعد(1000) دورة من صينية معدنية تحتل تأثيرحت من رمل كوارتز خاص.

انشاء قاعدة الأساس Constructing the base course:

على طبقة الأساسي المدحولة جيداً فإن طبقة الأساس كانت حوالي (10) سم بعد الدحل، وقداستخدمت الحجارةالنظيفة من قياس5سم إلى3سم ولتفادي عدم التماثل فإن الحجارة المكسرة لم تخزن أن تكون على شكل أكوام على الأرض،

حيث سينفصل الجزء الناعم من الحجارة عند تلك الخشن، وعليه فقد كانت تفرغ او تشون على ألواح خشبية أو صفائح حديدية بقياس(22×1.5م) ويمكن يتوجب خلط الحجارة المكسرة ثانية بواسطة المحملات قبل استخدامها، وقبل إجراء عملية الدحل للأساس يتفقد الأساس من اي هبوطات أو تربة رخوة، واستبعاد الحجارة الوسخة وفرش الحجارة الصغيرة يتم بواسطة المحملات (Shovels) لتسوية السطح.

والدحل يتم بواسطة مداحل لا يقل وزنها عن(10) طن ويبدأ الدحل من الحافة العليا الخارجية وحسن تثبت الحجارة المكسرة في أماكنها جيداً فتحرك المدحلة إلى الطرف الأخر من الحافة وتستمر العملية وبعد الدمك عند الحواف يتحرك الدمك إلى المنتصف وهكذا حتى يتم دمك جميع طبقة الأساس على كامل مساحة الطريق، وعلى كل حال فقد جرت العادة الآن أن نفرش طبقة من حصمة المناخل على السطح قبل عملية الدحل الأخيرة لملء أي فراغ موجود على طبقة الأساس.

الطبقة الثانية العليا اوطبقة الحت Second upper or wearing:

بعد دمك طبقة الأساس جيداً تبنى الاكتاف مستقيمة وتستخدم الألواح الخشبية لإعطاء سماكة الطبقة، وقد كان من المستحسن أن تكون طبقة الأساس أعرض من الطبقة الأعلى حتى يمكن دعم الطبقة الأعلى، ويتراوح حجم حصمة الطبقة الأعلى ما بين (3- 1) سم وتكون نظيفة تماماً، وتفرش كما كان لطبقة الأساس مع فارق الدمك، الذي سيعطي السطح الأفقي تماماً، ويحكم على ذلك السطح إما بالعين المجردة أو بواسطة المسطرة الطويلة التي طولها يقارب (3م) او بواسطة الخيوط التي تمد على السطح.

والهبوطات التي تلاحظ على السطح أو الارتفاع تعبأ أو تزال وتفرش الطبقة العليا بسمك حوالي 7سم على الطبقة السفلى ذات العمق(10سم) وتدحل نهائياً بعد ذلك، وعلى هذه الطبقة العليا ترش طبقة ناعمة من الرمل على السطح وعلى مرتين أوثلاث مرات باليد أومن عن طريق إفراغ عربات صغيرة مملوءة بالرمل وعلى مسافات على طول الطريق ثم فرد ورش هذا الرمل يدوياً على السطح ثم الدحل على هذه الطبقة.

استخدام طبقة الربط **Applying the binder course**:

بعد دحل طبقة السطح تماماً وتصحيح السطح تستخدم طبقة رابطة تكون ربما في الحصمة المنخلة/المغربلة أوغبار الحجارة(Stone dust) هذه الحصمة هي نواتج المطحنة المارة من فتحة منخل مقدارها $\left(\frac{1}{2}\right)$" ومن النادر فصل مكونات حجوم المستخدمة لهذه الطبقة ولكن نتيجة أفضل تم التوصل إليها عنداستخدام الذرات الأكبر أولاً في فراغات طبقة الوجه ويجب عدم تفريغ طبقة الربط تحت أي حال من الأحوال فوق طبقة الوجه الحجرية مباشرة، بل يجب تفريغ مادة الطبقة بواسطة العربة اليدوية أو وضع هذه الطبقة على شكل أكوام بطول الطريق على الاكتاف، كما في الشكل رقم (9- 2) وأفضل طريقة لإستخدام هذه الطبقة هو رشها رشاً متتالياً فالحبيبات الخشنة ترش ترس أولاً ثم تتلوها الحبيبات الأنعم وهكذا ثم تدحل الطبقة بعد ذلك لإعطاء سطح إلى حد ما منتظم وناعم نسبياً، ويتم الدحل متواصلاً مع كل رشة من هذه الحبيبات ذهاباً وإياباً حتى تظهر بعض من هذه الحبيبات على السطح (بمعنى أن السطح قد تم دمكه جيداً بحيث أن الكمية الإضافية لا تنغرس لأن الفجوات قدملأت تماماً)، وهناك طريقة أخرى لفرش الحبيبات بإستخدام محقن وتحريك المحقن يميناً ويساراً على التوالي حتى يتم التوزيع على كامل السطح وتدخل الحبيبات الأكبر في الفجوات ثم الاصغر ثم الأنعم وهكذا، ومن حسنات هذه الطريقة هو ملء الشقوق والهبوطات في السطح بشكل جيد وهذا يعتمد كلياً على مهارة العامل، وهذه الطبقة هي التي تمنع دخول الماءإلى الطبقات السفلى ولذلك سمي (Water bound Macadam)

وللحصول على طبقة نهائية أفضل لمنع الماء يتوجب رش السطح بطبقة أسفلتية من رشة اللصق (Seelcoat).



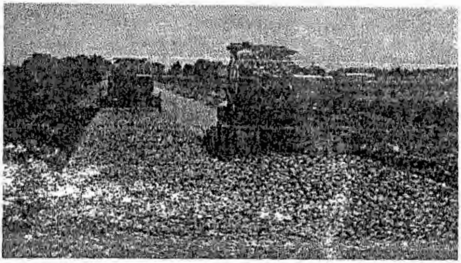
Spreading stone screenings in three coats on a macadam road

فرش طبقات الحصى على ثلاث طبقات على طريق مكادام

الشكل رقم (9- 2)

إنشاء اساسات مكادام Construction Macadam bases:

تبلغ سماكة أساسات مكادام عامة من(15- 20) سم وتنشأعلى طبقتين، وتفرش الطبقة الأولى على مساحةجافة من الحصمة المناخل لتمنع دخول مواد طبقة تحت الأساس إلى طبقة الأساس، واختلف في سمك هذه الطبقة ولكن هي ما بين (2.5 سم إلى 7.5سم)، ثم تفرش الطبقة الثانية من تدريج مختار محدد على الطبقة الأولى وهذه الطبقة من الحجارة المطحونة أومن خبث المصانع، ويمكن فرش هذه الطبقات بواسطة فراشة الحصمة كما في الشكل رقم(9- 3) وتدريج الحصمة يمكن تتبعه من الجدول المبينة في رقم(9- 1).



Machines spreading aggregate for a macadam base course. (Courtesy Jaeger Machine Co.)

الشكل رقم (9- 3)

Construction Macadam Bases

TABLE 1 GRADIND FOR CHUSHED STONE AND CRUSHED –SLAG AGGEEGATNS FOR WATERBOUND AND BITUMNOUS-MACADAM BASE COURSES AASHO DESIGNATION M 75-49

Class of Aggregate	No.1	No.2	No.3
AASHO Standard Size Size Range, In.	3 1/2 to 1 1/4	2 1/2 to 1 1/2	2 to 1
Passing 4-in.sieve,%	100		
Passing 3 1/2-in.sieve,%	90 -100		
Passing 3-in.sieve,%		100	
Passing 2 1/2-in sieve,%	25 -60	90 -100	100
Passing 2-in. sieve,%		35 -70	95 -100
Passing 1 1/2-in.sieve,%	0 -15	0 -15	35 -70
Passing 1-in.sieve,%			0 -15
Passing 3/4-in.sieve,%	0 -5	0 -5	
Passing 1/2-in.sieve,%			0 -5

جدول رقم (9- 1) يبين تدريج الحصمة والخبث المطحون للطبقة المانعة للماء وطبقة مكادام الاسفلتية لطبقات الاساس

الوحدة العاشرة

طبقات الرصفة

طبقات الرصفة:

طبقة ما تحت الأساس أو أساس التربة يعرف بإنه المنشأ الذي يرتكز عليه سطح الطريق وملحقاته.

في حالة القطع فإن طبقة التربة التي توضع تحت الطبقات الخاصة تعرف بإنها طبقةما تحت الأساس في حالةالردم، فطبقة ما تحت الأساس تنشأ فوقه التربة الأصلية وتحتوي على المادة المستوردة من فتح الطرق المجاورة أومن حفرالاستعارة.

قبل زمن بعيد كان الإنتباه مركزاً على طبقة السطح للطريق أوالطبقة المعرضة للحت، ولم تعطى نوعية المادة الأساس أي انتباه يذكر اوطريقة وضع المواد او دمكها، ولكن وبعدانتشار المركبات وأنواعها وسرعاتها ركزالانتباه على معايير أفضل للميلان والاستقامة والتي تمت قطعاً كبيراً أو ردماً كثيراً في جسم الطريق.

وفي نفس الوقت فإن الوزن وعددالمركبات التي زادت كثيراً قد ركزت أحمالهاعلى سطح الطريق، مما سبب في بعض الأحيان الإزاحة في سطح الطريق وحتى خراب الطريق وإنهياره، ومن دراسات أجريت لمعرفة أسباب الانهيارات هذه تبين أن طبقة ما تحت الأساس هي التي تسبب في الانهيارات وليس سطح الطريق وهذا أدى بدوره إلى التركيز على دراسة التربة بخصائصها ومكوناتها.

وبشكل عام فكلما كانت نوعية الطبقات افضل كلما تم توزيع الأحمال بشكل افضل وعلى عمق أكبر، وعليه تتدرج جودة الطبقات من الأعلى إلى الأسفل بمعنى أن الطبقة العليا هي الأفضل تليهاالتي تحتها وهكذاحتى أخرطبقة في المقطع، وتعتمد عددالطبقات على حجم المرور ونوعية الموادالمصنع منها جسم الطريق والموادالرابطة المستخدمة وطريقة انشاء هذا الطريق (الفرش والدمك) وملحقات الطريق.

ومن أنواع الرصفات:

1. الرصفة المرنة (Flexible Pavement).
2. الرصفة الصلبة (Rigid Pavement)
3. رصفة مشتركة ما بين المرنة والصلبة.

ولتكون الرصفة المرنة من:

أ. طبقة أسفلتية عليا.
ب. طبقة أساس.
ج. طبقة ما تحت الأساس.
د. السطح الترابي(يمكن الاستغناء عنه إذا كان له نفس خواص طبقة ما تحت الأساس).

وتختلف سماكة هذه الطبقات حسب التصميم والكلفة لمقطع الطريق.

طبقة ما تحت الأساس Subbase:

هي الطبقة التي تفرش مباشرةً فوق السطح الترابي، وتتألف من الحصى أو الحصى المكسر المدموك أو من الرمل الترابي (وقد يكون السطح الترابي قوياً أو يكون من تربة غير مستقرة تثبت بواسطة بعض مواد التثبيت ثم توضع وتفرش عليها طبقة ما تحت الأساس) وهذا المواد هي أكثر جودة من مادة السطح الترابي إلا إنها أقل جودة من طبقة الأساس التي تليها إلى أعلى.

والهدف الأساسي من هذه الطبقة هو:

1. عدم تؤثر طبقة السطح الترابي بأي عوامل أي تمنع أي مؤثرات كالمياه والرطوبة والثلج و.... ،من الوصول إلى السطح الترابي الذي يؤدي إلى خرابه.

2. توزيع الاثقال والاحمال التي يتعرض لها سطح الطريق والطبقات السفلية كمرور المركبات مثلاً.
3. تهيئة سطح لإستقبال الطبقات العلوية من الرصيف(طبقة الأساس وما يعلوها).
4. التوفيرمن تكاليف مواد الرصفة حيث أن المواد المستعملة في طبقة تحت الأساس هي أقل جودة وارخص ثمناًمن المواد التي تعلوها في الطبقات المختلفة العليا(التوفير في تكاليف الطريق عموماً).
5. تمنع هذه الطبقة امتزاج مواد السطح الترابي مع طبقة الأساس.
6. تمنع كعازل وفاصل لعدم وصول تأثير الرطوبة الأرضية أوتأثير المياه الجوفية عن الطبقات العليا من الرصفة.
7. تعطي قوة أكثر للسطح الترابي خاصة بعد دحله جيداً بالمداحل الرجاجة.
8. يمكن زيادة سمك هذه الطبقة من قبل المهندسين وبذلك توفر في طبقات الرصف العليا.
9. تمنع وصول الماء والتراب للفواصل في طبقات الرصفات الخرسانية (العادية او المسلحة).
10. الموادالمستخدمة في هذه الطبقة تكون رديئة التوصيل بشكل عام.

طبقة الأساس Base Course:

وهي الطبقة التي توضع فوق طبقة ما تحت الأساس أومباشرة على السطح الترابي أن كان هذا السطح الترابي صلباً، وتقوم هذه الطبقة بتحمل وتوزيع الأحمال على الطبقات الأدنى ويعتمد هذا على نوع الموادالمستعملة المكونة من الحصمة أومن الدبش المكسر أومخلطات الأفران المكسرة (حصمة صناعية) مع وجود مادة الرمل أومجموعة متنوعة من المواد جميعها دون تثبيت أو مع التثبيت بمواد مثبتة خاصة (اسمنت جير اسفلت) والأساس يفرش على طبقة واحدة أومجموعة طبقات حسب تصميم الطريق وتكون الموادالأقل جودة في الطبقة السفلى والأكثر جودة في الأعلى.

وجودة هذه المواد مجتمعة يجب أن تكون أفضل من المواد المستخدمة في طبقة ما تحت الأساس، ومواد طبقة الأساس تتطلب القوة والتدرج وغيرها من المواصفات الفنية عنها في الطبقات ما تحت الأساس.

مواصفات المواد المستخدمة في طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس:

1. ان يتحمل الأوزان الساقطة عليها من قبل المرور الكثيف على سطح الطريق.
2. أن تكون المواد مدموكة جيداً حتى لا تؤثر مرور الشاحنات وتكرار مرورها على الطبقات بحيث تسبب بعض المشاكل والحاجة إلى إصلاح بعد ذلك.
3. أن لا يتغير خواصها الطبيعية أو الفيزيائية مع مرور الشاحنات ولا مع مرور الوقت(عمر الطريق).
4. ان تكون مواد هذه الطبقات متدرجة (Grading).

وتقوم طبقة الأساس بأداء الوظائف التالية بالإضافة للهدف الأساسي من أنشاءها لنقل الحمولات تتمثل في:

1. تهيئة لسطح لاستقبال الطبقات الأعلى بحيث يكون مستوياً وناعماً.
2. حماية ما تحتها من رصف من تسرب المياه والرطوبة من أعلى إلى اسفل حيث تعمل هذه الطبقة كمانع لتسرب المياه ومنع تجمعها في الفراغات.
3. مقاومة الصقيع والتجمد في مواد الطبقة(مواصفات فنية).
4. تقليل ظاهرة الانتفاخ في الطبقات السفلى من الطبقة خاصة الطبقة الترابية.
5. منع وصول التراب والمواد إلى الطبقة الأعلى فوق الأساس وكذلك للفواصل في الرصفات الاسمنتية الخرسانية.

طبقة السطح Surface Course:

تتكون طبقة السطح من:

خليط من الحصمة + الاسفلت السائل توضع فوق طبقة الأساس، وتصمم هذه الطبقة:

1. لتوزع الأوزان بشكل جيد.
2. تقليل نفاذ الماء إلى طبقات الرصفة السفلية.
3. تأمين سطح مقاوم للتزحلق.
4. تأمين سطح انسيابي أثناء مرور الشاحنات والسيارات.
5. تأمين عدم تشقق السطح.
6. لتوازن بين النسبة المثالية للاسفلت وتدرج الحصمة للحصول على خلطة نموذجية.
7. تأمين ثبات عالٍ تحت الظروف المناخية والجوية والمرورية.
8. تقاوم التأثير الحت والبري من مرور السيارات والشاحنات.

مواصفات خلطة السطح:

تصمم الخلطة وفقاً لمعايير معينة تأخذ بعين الاعتبار قوة الخلطة وثباتها ونسبة الفراغات فيها وتدرج الحصمة المستعملة(تفضل التدرج الكثيف المحتوى على حبيبات ذات حجم أقصى مقداره25 ملم، بالإضافة لتدرجات أخرى في الخلطات المفتوحة وخلطات الاسفلت الرملي).

عدد الطبقات السطحية:

يمكن أن تكون طبقة واحدة أو طبقتان، وتفرش الطبقة كما سبق وتستعمل بعض الأوجه الاسفلتية لـ الوجه التاسيسي (Prime Cat) والوجه اللاصق (Tack Coat) لزيادة التثبيت ومقاومة تأثير الحت والبري والاهتراء وتأمين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس ولمساعدة كطبقة انشائية واحدة في توزيع الأحمال.

الوحدة الحادية عشرة

الاسفلت والخلطات الاسفلتية

الطرق الاسفلتية Bituminous Pavements:

مقدمة:

وتحت هذا العنوان يتفرع عدد كبيرمن الأنواع تتدرج من سماكة سطح تقارب الـ (1) سم أواقل إلى الاسفلت الاسمنتي، والتي تقارب وتضاهي طرق الاسمنتية الخرسانية في الكلفة والأبعاد.

ويشار إلى السطوح الاسفلتية بـ الطبقة السوداء بسبب مظهرها وموضوع الطرق الاسفلتية معقدإلى حدما لوجود أكثر من تركيبة أوخلطة بين الحصمة والمادة الرابطة والتي في مجموع تعطي طريقاًجيداًحتى تحت الظروف القاسية، وإذا أردنا خدمةجيدة من الطرق الاسفلتية فإنه يتوجب وعلى المدى الطويل أن تفي بالأغراض التالية:

خلوهامن التشققات، مقاومتهالعوامل الطقس ومثل مقاومتها لسيلانات المياه السطحية الحرارة،البرد، والتأكسد، مقاومة الرطوبة الداخلية خاصة بخار الماء، مانعة، سطح غيرمنفذ.

فتصميم الطريق الذي يفي بكل هذه المتطلبات لعدد طويل من السنوات يستلزم جهوداً كبيراً ويستوجب اختياراً جيداً ومراقبة للمواد ومراقبة في كل خطوة أنشاء، والتصميم الجيد وإنشاءالطبقات لهماالأهمية الكبرى وإلا فإن خراب الطريق سيكون كبيراً، وللحصول على المواصفات أعلاها يتوجب المرور بستة خطوات كالتالي:

1. سخن المادة الاسفلتية الرابطة اللزجة لتصبح سائلة ثم في أخلطها مع الحصمة في المصنع، افرش وأدحل الخليط بينما هو ساخن.

2. استخدم المرابط الاسفلتي: اخلطه مع الحصمة عند درجات الحرارة العادية، والخلط ربما يكون في المصنع أوعلى جانب الطريق، افرش وادحل الخليط عند درجات الحرارة العادية.
3. اضف مادة حالة أومفككة مثل النافثا أوالكيروسين الرابط إلى الاسفلتي اللزج لتجعله سائلاً، أخلط السائل مع الحصمة عند درجةحرارة عادية، إما في المصنع أو على جانب الطريق وافرش وادحل الخليط عند درجة حرارة عادية قبل تبخر المفكك (Solvent).
4. استخدم السائل المستحلب للرابط الاسفلتي للزج في الماء، واخلطه مع الحصمة عند درجة عادية في المصنع وعلى جانب الطريق، افرش وادحل عند درجةالحرارة العادية قبل أن يتفكك المستحلب إلى مكوناته الأصلية.
5. افرش وادحل الحصمة النظيفة كما في طبقة أساس مكادام المائي وفوقها رش الرابط الاسفلتي الساخن المذاب أوالمستحلب والذي يتخلل المناطق المفتوحة في الصخر ويربطها بالحصمة سوياً ويسمى هذا العملية طريقة الاختراق (Penetration method).
6. افرش اللاصق الاسفلتي على مساحة الطريق وغطها بحصمة مختارة، وتسمى هذه العملية طريقة الاختراق المقلوبة (Inverted – Penetration method).

وخبرة المهندس هي التي تحتم عليه اختيار الطريقة وتفاصيلها.

وتقسم تغطيةالطريق الاسفلتية إلى:

1. تغطيةالسطح المتوسطة (Intermediate surfacing)
2. النوع الأعلى من تغطيةالسطح (Higher Type surfacing)

وتغطيةالسطح المتوسطة هي التي تستخدم فيها الاسفلت والقار كمادة رابطة وربما تسمى الطرق منخفضةالكلفة (Low cost Pavement)، وتشتمل هذه الطرق على طبقة رقيقة من الرمل الناعم (Dust layer)، الوجه الابتدائي

اوالأولى (Prime coat)، وجه الحماية (Protective coat)، طبقة معالجة السطح، الوجه الختامي (Seal coat) والذي يعمل بطريقة النفاذية المعكوسة اوالاختراقية المقلوبة.

أما النوع الثاني لنوع الأعلى من نقطةالسطح فهي غيرالطريقة، الوجه الأول الذي يحتوي على خلطة كثيفة مثل ورقة الاسفلت والاسفلت الخرساني والاختراق بأنواعه كما في كما في مكادام الاختراق.

الروابط للطرق الاسفلتية:

Binders for Bituminous Pavements

الروابط المستخدمة في إنشاءات الطرق هي السوائل اللزجة والتي تتدرج لزوجتهامابين أكثف قليلاًمن الماء وأخرى صلبة متكسرة تحت ضربات المطرقة عند درجات الحرارة العادية، ولكن هذه الصلبة ستتحول إلى سائل إذا عرضت الى تحميل متكرر طويل.

والخواص البلاستيكية للمواد البيتومينية الرابطة ودعت بعض الكتاب إلى تسمية الطرق الاسفلتية بالطرق المرنة.

وبغض النظر عن نوع الطريقة الاسفلتية التي تستخدم فإن الروابط الاسفلتية يجب أن تكون في الحالة السائلة حين خلطهامع الحصمة، ويتم الحصول على هذا السائل مبدئياً كاسفلت سائل أوإحماءالاسفلت الصلب برفع درجة حرارته وإضافة المذيبات أو استحلابه بالماء، ويتوجب على هذه الروابط أن تقاوم عوامل الحت والقوى الماصة الناتجة عن حركة المركبات إذا كانت الطريقة من النوع المفتوح (Open Type)المحتوى على حبيبات اوحبات كبيرة ملتصقة مع بعضهاالبعض بهذه الروابط، ومن ناحية أخرى إذا كانت الحصمة تحتوي على موادناعمة كثيرة فإن التلاصق يتم أويتولد بظاهرة التوترالسطحي في الطبقةالاسفلتية الرقيقة المحيطة بهذه المواد الناعمة، كما تولدالمشابه الماء قوى التلاصق في حبيبات التربة الناعمة، وللخلطات المحتوية على مواد ناعمة فإنه من الأنسب استخدام طبقة رقيقة من الاسفلت السائل كمادة رابطة.

مصادر الروابط الاسفلتية:

Sources of bituminous binders

جميع الروابط الاسفلتية اساسها الهيدروكربونات والتي هي مزيج واتحاد الهيدروجين والكربون والعنصر المتطاير والاخف من عائلة الهيدروكربونات يشمل الغاز الطبيعي أو المنتج، الجازولين، الكيروسين، وزيت الديزل.

والعناصر الثقيلة تشمل شحوم التزييت أو الزيوت بأنواعها ومواد التزفيت وبعض العناصر الهيدروكربونية المستخدمة في التزفيت تحدث طبيعياً، ولكن أغلبها من نواتج التصنيع للغاز، والوقود السائل، المشحمات، غاز الفحم والكوك.

والمصادر الرئيسية مادة الاسفلت المستخدمة في التزفيت:

1. اسفلت ترينداد: وهو اسفلت مستخرج من جزيرة ترنيداد من شمال الساحل الفنزويلي، ايلين بخبث البترول اللزج استخدم على نطاق واسع كمادة رابطة للسطوح الاسلفتية (Softened) وتحتوي هذا الاسفلت على (40٪) موادعضوية وغيرعضوية.
2. الاسلفت الصخري (Rock Asphalt): وهذه رواسب طبيعية من الحجر الجيري أو الحجر الرملي مملغمة في مواد أسفلتية طبيعية، وتتراوح نسبة الاسفلت في هذا الصخر ما بين(4.5 – 18٪)، ويعتمد استخدام الاسفلت المستخرج من الاسفلت الصخري على جداوه الاقتصادية، فإذا كان استخراجه غيراقتصادي فيمكن استخدام هذا الصخر بعد تكسيره بالإحجام المطلوبة بما فيه من أسفلت في أنشاء طبقة السطح أو للخلطات البتوفتية.

أما إذا كانت نسبة الاسفلت في الصخر تتجاوز(8٪) فيمكن استخدام هذا الصخر بعدتكسيره وتسخينه في أغراض الرصف، أما إذا كانت النسبة أقل من ذلك فيضاف إلى هذا الصخر كمية من الاسفلت ثم استخدمت بعد ذلك.

3. عروق الاسفلت وهذه عروق موجودة داخل فجوات الصخور صلبة جدا لها قابلية للذوبان في ثاني كبريتيد الهيدروجين.
4. الاسفلت المستخرج من تقطير البترول الخام:

تختلف مكونات وخصائص البترول الخام من قطر إلى أخر حسب الطبقات التي يتواجد فيها البترول الخام ولظروف التي أدت إلى تكوينه، ويكرر البترول وفقاً للوزن الجزئي لمركباته عن طريق إبراج تسمى أبراج تكرير البترول الخام حيث يتم فصل المواد الخفيفة عن المواد الثقيلة ومنها مادة الاسفلت.

وكما أسلفنا فمركب الاسفلت هيدروكربوني من عناصره (الزيت والمادة الصمغية ومادة الاسفلت)، والاسفلت هو الجزيئات الصغيرة المحاطة بغلاف من المادة الصمغية ويمثل الزيت الوسط الذي به مادة الاسفلت والمادة الصمغية هي التي تزود الاسفلت بالليونة.

ويقسم الاسفلت إلى:

1. الاسفلت الاسمنتي، الاسفلت الجامد (Asphalt Cement) (AC):

وهو المادة الثقيلة السوداء المتبقية بعد تقطير البترول الخام (وكونه أسمنتي فهو لتوفر صفة الربط القوية في هذا الاسفلت)، والتخلص من المواد الخفيفة كالغازات وزيوت التشحيم والوقود بإنواعه المختلفة والزيوت الثقيلة.

وينتج من ذا النوع مواد ذات قوام مختلف وفقاً لدرجة التقطير (صلبة – قاسية – شبه صلبة – طرية – طرية جداً).

وللاستدلال على القوامات للأنواع المختلفة نستخدم تجربة مقدار الغرز للاسفلت، ويقسم الاسفلت الجامد إلى مجموعة كبيرة حسب مقدار الغرز، فكلما زادت قيمة الغرز زادت الليونة.

النوع الأول:

AC (40-50)
AC (60-70)
AC (85 – 100)
AC (120 -150)
AC (200-300)

ويتحكم في اختيار نوع الاسفلت الجامد: درجة الحرارة التي يتعرض لها سطح الطريق، قيمة الأحمال الساقطة سطح الطريق، نوع سطح الطريق/نوع الطريق (درجة اولى، ثانية، ثالثة).

مواصفات الاسفلت الجامد:

1. ان يكون متجانساً.
2. خالياً من السوائل وخاصة الماء.
3. إلا يفور إذا سخن لدرجةحرارة تصل (175 مْ).
4. يجب ان لا يقل سحبه في فحص المطاطية للاسفلت عن (100) سم.

اماكن استخدام النوع الجامد (AC)

أ. الذي نسبة غرزه من(40 – 100): هذا نوع صلب قاسي يستخدم في الأجواء الحارة وأعمال الخلطات الاسفلتية الساخنة وتبلغ درجة حرارة الخليط من هذا النوع ما بين (135 – 177)مْ.

ب. الذي نسبة غرزه(100- 200) متوسط الصلابة يستخدم لتغطية طبقة تحت الأساس والأساس المكونة من الحصى في المناطق متوسطة الحرارة والأقرب إلى الطقس البارد وتبلغ درجةحرارة الخليط مابين (130 – 160)مْ.

ج- الذي نسبة غرزه(200- 300) وهذا اقرب إلى السائل اللزج يستخدم كوجه اساسي او وجه لاصق (Prime Coat)، (tack Coat) على الترتيب.

ويبين الشكل رقم (11- 1) منتجات لقطير البترول

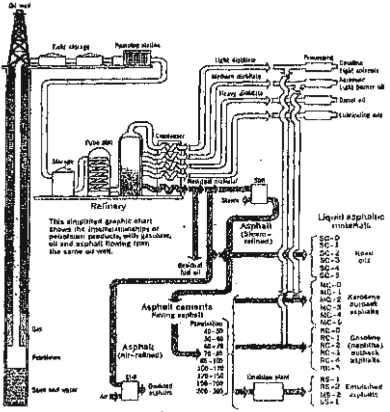


Fig. 1. Simplified flow chart showing recovery and refining of petroleum asphaltic materials (Courtesy The Asphalt Institute)

الاسفلت السائل (Liquid Asphalt):

يقسم الاسفلت السائل إلى قسمين رئيسيين كما هو مبين الاسفلت المقطوع والاسفلت المستحلب.

الاسفلت السائل

الاسفلت المقطوع — الاسفلت المستحلب

اسفلت سريع التطاير (R .C) — متوسط التطاير (M.C) — بطيء التطاير (S.C)

وسنتناول هنا خصائص كل قسم ومكان استخدامه.

اولاً: الاسفلت المقطوع/المحول (Cut back):

وهو نواتج إذابة الاسفلت الجامد في محاليل مذيبة مثل البنزين والكاز وغيرها.... بكميات مختلفة حسب ما يطلب ويبقى هذا في حالة سائلة لفترة طويلة ولذلك لا تجري عليه عملية قياس الغرز وتجرى له عملية أخرى للقياس، وهي تسخين لدرجة كبيرة ثم قياس الوقت اللازم لملأ بايكنومتيز او زجاجة معروفة الحجم، وتعطى درجة اللزوجة بعد تسخين أرقاماًتدل على ميوعته أو لزوجته ومنها :

- محلول الاسفلت سريع التطاير R. C (Rapid Curing).
- محلول الاسفلت متوسط التطاير M.C (Medium Curing).
- محلول الاسفلت بطئ التطاير S.C (Slow curing).

وجميع هذه الأنواع تستخدم فقط مع الخلطات المسامية حتى يسمح للموادالمتطايرة بالتبخر، وعليه يمكن استخدام هذه الأنواع مع الحصمة الرطبة، وتستخدم هذه الخلطات في الأحوال التي تتطلب تكاليف أقل لإنشاءالطريق.

أ. **محلول الاسفلت سريع التطاير (R.C):**

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة مذيبة كالبنزين ⟵ أسلفت محلول سريع التطاير، ويتوقف الحصول على هذا النوع على كمية المادة المذيبة وعلى نسبة الاسفلت الجامد، ويندرج تحت هذا الاسم (R.C) مجموعة من الأنواع (ستة مجموعات) كما في الجدول (11/1 – 11/7).

يمكن تقسيم محلول الاسفلت سريع التطايرحسب درجة لزوجته إلى:

- R_{c70} ، R_{c250} ،R_{c800} ،R_{c3000} وكل من هذه الأنواع صفات فمثلاً:
  - R_{c70} يتكون من 60٪ من الاسفلت الجامد + 40٪ مواد مذيبة.
  - Ec3000 يتكون من 85٪ من الاسفلت الجامد + 15٪ من مواد مذيبة.

ومابين هذين الصفتين تتغير هذه النسبة حسب الاستعمال، وهذه الحروف تدل على ما يلي:

- حرف R تعني سرعة الجفاف (Rapid).
- C تعني الجفاف (Curing).

والأرقام هي مقدار لزوجة صنف الاسفلت، وتستخدم هذه الأنواع في الأعمال التالية:

R_{c3000} يستعمل كورقة اسفلت على سطح الطريق وفي الخلطات الباردة وخلطات جوانب الطرق، وتتروح حرارية ما بين(90 – 115)مْ

$R_{c800.250}$ تستعمل لرصفات طرق مكادام(رصفات الدبش) ولمعالجة السطح والخلطات الباردة، وتتراوح درجةحرارته من(50- 95) مْ

R_{70} يستعمل لمعالجة الأسطح وكوجه لاصق (Tack Coat) ولتراوح درجة حرارة ما بين(15- 60)مْ

والجداول من (1/11- 7/11) تبني مواصفات هذه المواد.

SPECIFICATIONS FOR ASPHALT CEMENTS PREPARED FROM PETROLEUM *

Specifications of			Asphalt Institute			AASHO Designation M-20	
Characteristics	ASTM Method	AASHO Test					
General requirements			The asphalt shall be prepared by the refining of petroleum. It shall be uniform in character and shall not foam when heated to 350° F.			The asphalt shall be homogeneous and free from water and shall not foam when heated to 347° F.	
Flash point (Cleveland open cup), °F	D92	T48	450+	425+	350+	347+	
Penetration, 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	Penetration Grades			Penetration Grades	
			40-50 50-60 60-70 70-85 85-100	100-120 120-150 150-200	200-300	30-40 40-50 50-60 60-70 70-85	85-100 100-120 120-150 150-200
Loss on heating 325° F, 5 hr, %	D6	T47	1-	2-	2-	1-	1-
Penetration after loss on heating 77° F, 100 g, 5 sec, % of original	D5	T49	70+	70+	60+	75+	60+
Ductility							
At 77° F, cm	D113	T51	100+	60+	....	†	100+
At 60° F, cm	D113	T51	.....	.....	60+	.....	.....
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4	T44	99.5	99.5	99.5	.....	.....
Solubility in carbon disulfide, %	D4	T44	.....	.....	....	99.0	99.5
Proportion of bitumen soluble in carbon tetrachloride, %	D165	T45	.....	.....	.....	99.0	99.0
Spot test (when specified) with ‡		T102					
Standard naphtha solvent						Negative—all grades	
Naphtha xylene solvent, —% xylene						Negative—all grades	
Heptane xylene solvent, —% xylene						Negative—all grades	

* AASHO specifications for Trinidad lake asphalts, Designation M22-42, cover the same grades given for petroleum asphalts, and in general are comparable. In addition, specifications for lake asphalts include ranges for per cent inorganic matter, softening point, and specific gravity.

† Not less than numerical value of penetration.

‡ The use of the spot test is optional under AASHO standards. When specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم (11- 1)

SPECIFICATIONS FOR ROAD TARS

AASHO Designation M[illegible]

Grade	ASTM Method	AASHO Test	RT-1	RT-2	RT-3	RT-4	RT-5	RT-6	RT-7	RT-8	RT-9	RT-10	RT-11	RT-12	RTCB-5	RTCB-6
Consistency																
Eng. sp. visc. at 40° C		T54	5-8	8-13	13-22	22-35	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......
Eng. sp. visc. at 50° C			......	......	......	......	17-26	26-40	......	......	......	......	......	......	17-26	26-40
Float test at 32° C			......	......	......	......	......	......	50-80	80-120	120-200	......	......	......	......	......
Float test at 50° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	75-100	100-150	150-220	......	......
Sp. gr. at 25/25° C		T43	1.08+	1.08+	1.09+	1.09+	1.10+	1.10+	1.12+	1.14+	1.14+	1.15+	1.16+	1.16+	1.09+	1.09+
Total bitumen, % by wt.		T44	88+	88+	88+	88+	83+	83+	78+	78+	78+	75+	75+	75+	80+	80+
Water, % by volume		T55	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	1.5-	1.5-	1.0-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0-	1.0-
Total distillate, % by wt.	D20	T52														
To 170° C			7.0-	7.0-	7.0-	5.0-	5.0-	5.0-	3.0-	1.0-	1.0-	1.0-	1.0-	1.0-	2.0-8.0	2.0-8.0
To 200° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	5.0+	5.0+
To 235° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	5.0-18.0	5.0-18.0
To 270° C			35.0-	35.0-	30.0-	30.0-	25.0-	25.0-	20.0-	15.0-	15.0-	10.0-	10.0-	10.0-	......	......
To 300° C			45.0-	45.0-	40.0-	40.0-	35.0-	35.0-	30.0-	25.0-	25.0-	20.0-	20.0-	20.0-	25.0-	25.0-
Softening point of residue, °C	D36	T53	30-60	30-60	35-65	35-65	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
Sulfonation index (when specified) on distillate	D872	T200														
To 300° C			9-	9-	8-	8-	7-	7-	......	......	......	......	......	......	......	......
300° C to 355° C			1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	......	......	......	......	......	......	......	......
Typical uses and suggested temperatures for application *			Prime coat 60 to 150° F		Prime coat and surface treatment 80 to 150° F		Surface treatment and road-mix 80 to 150° F		Surface treatment, road-mix, premix and seal coat 150 to 225° F			Surface treatment, premix, seal coat, penetration, and crack filler 175 to 250° F			Surface treatment, road-mix, and premix. When low-temperature application and quick setting are desired 60 to 120° F	

+ Sign indicates that value shown is the minimum allowable.
− Sign indicates that value shown is the maximum allowable.
* [illegible]

جدول رقم(11- 2)

SPECIFICATIONS FOR MEDIUM-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS

AASHO Designation M[illegible]

Specification designation	ASTM Method	AASHO Test	MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
General requirements			The material shall be free from water.					
Flash point (open tag), °F		T79	100+	100+	150+	150+	150+	150+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 100° F, sec			......	75-150	......	......	......	......
Furol viscosity at 140° F, sec			......	......	100-200	250-500	......	......
Furol viscosity at 180° F, sec			......	......	......	......	125-250	300-600
Distillation								
Distillate (% of total distillate to 680° F)								
To 437° F	D402	T78	25-	20-	10-	5-	0	0
To 500° F			40-70	25-65	15-55	5-40	30-	20-
To 600° F			75-93	70-90	60-87	55-85	40-80	20-75
Residue from distillation to 680° F, volume % by difference			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Tests on residue from distillation								
Penetration 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 *	T44 *	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Ductility at 77° F for residues of less than 200 penetration	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Ductility at 60° F for residues of 200-300 penetration	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Spot test (when specified) with †		T102						
Standard naphtha solvent			Negative—all grades					
Naphtha xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					
Heptane xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.
† The use of the spot test is optional. When it is specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirements and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم(11- 3)

Specifications for Slow-Curing Liquid Asphaltic Materials *

Specification designation			SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5	SC-6
General requirements	ASTM Method	AASHO Test			The material shall be free from water.				
Flash point (Cleveland open cup), °F	D92	T48	150+	150+	175+	200+	225+	250+	275+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	......	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 122° F, sec			......	75-150	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 140° F, sec			......	......	100-200	250-500	......	......	......
Furol viscosity at 180° F, sec			......	......	......	......	125-250	300-600	......
Furol viscosity at 210° F, sec			......	......	......	......	......	......	150-300 †
Water, %	D95	T55	0.5−	0.5−	......	......	......	......	......
Distillation									
Total distillate to 680° F	D402	T78	15-40	10-30	5-25	2-15	10−	5−	2−
Float test on residue at 122° F, sec	D139	T50	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	75-200	100-250
Asphalt residue of 100 penetration, %	D243	T56	40+	50+	60+	70+	75+	80+	80+
Ductility asphalt residue at 77° F	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 ‡	T44 ‡	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Spot test §		T102	......	......	......	......	......	......	......

* The requirements given in this table are those of *AASHO Designation M141-48*, but the table has been rearranged and the test numbers added. The table also corresponds to the specifications of the Asphalt Institute, except that the SC-6 grade has been added.
† Approximate penetrations for SC-6 range from 200 to 350.
‡ Carbon tetrachloride used in place of carbon disulfide, method 1.
§ Many highway agencies specify that slow-curing asphalts show a negative reaction to the spot test. This requirement is not a part of the Asphalt Institute specifications.

Bituminous Pavements

جدول رقم(11- 4)

Table 5. Specifications for Rapid-Curing Liquid Asphaltic Materials

AASHO Designation M81-42

Specification designation			RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
General requirements	ASTM Method	AASHO Test	The material shall be free from water.					
Flash point (open tag), °F		T79	......	......	80+	80+	80+	80+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 122° F, sec			......	75-150	......	......	......	......
Furol viscosity at 140° F, sec			......	......	100-200	250-500	......	......
Furol viscosity at 180° F, sec			......	......	......	......	125-250	300-600
Distillation								
Distillate (% of total distillate to 680° F)								
To 374° F	D402	T78	15+	10+	....	....	....	....
To 437° F			55+	50+	40+	25+	8+	....
To 500° F			75+	70+	65+	55+	40+	25+
To 600° F			90+	88+	87+	83+	80+	70+
Residue from distillation to 680° F, volume %, by difference			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Tests on residue from distillation								
Penetration 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductility 77° F	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 *	T44 *	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Spot test (when specified) with †		T102						
Standard naphtha solvent			Negative—all grades					
Naphtha xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					
Heptane xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.
† The use of the spot test is optional. When it is specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirements and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم(11- 5)

SPECIFICATIONS FOR EMULSIFIED ASPHALTS *

Specification designation	ASTM Method	AASHO Test	Quick Setting RS-1	Quick Setting RS-2	Medium Setting MS-1	Medium Setting MS-2	Medium Setting MS-3	Medium Setting MS-4	Slow Setting SS-1	Slow Setting SS-1h
Description and principal uses			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tests on emulsion: Furol viscosity at 77° F, sec; Furol viscosity at 122° F, sec; Residue by distillation, %; Settlement, 5 days; Demulsibility, 35 ml, 0.1 N CaCl₂, %; Demulsibility, 50 ml, 0.02 N CaCl₂, %; Sieve test, %; Miscibility with water; Stone coating test; Freezing test; Modified miscibility, %; Cement mixing test, %	D244	T59	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tests on residue: Penetration, 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	[illegible]	100–200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	100–200	[illegible]	[illegible]
Solubility in carbon disulfide: Petroleum asphalts, %; Native asphalts, %; Ash, %	D4	T44	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Ductility at 77° F	D113	T51	40+	40+	40+	[illegible]	40+	[illegible]	40+	40+

[illegible footnotes]

Specifications and Tests for Bituminous Binders 459

جدول رقم(11- 6)

TEMPERATURES AT WHICH VARIOUS BITUMINOUS MATERIALS SHALL BE APPLIED

Material: Description	Material: Designation	Temperature, °F: Correct for Average Conditions	Temperature, °F: Min.	Temperature, °F: Max.
Asphalt cement	60–70, 70–80, 85–100	260–325	225	350
Asphalt cement	150–200, 200–300	250–275	225	325
Asphalt waterproofing primer	Primer A *	50–80	40	100
Rapid-curing liquid asphalt	RC–0 & RC–1 *	75–125	50	150
Rapid-curing liquid asphalt	RC–2 & RC–3 *	100–150	75	175
Rapid-curing liquid asphalt	RC–4 & RC–5 *	175–225	150	250
Medium-curing liquid asphalt	MC–0 & MC–1 *	75–125	50	175
Medium-curing liquid asphalt	MC–2 & MC–3 *	150–200	125	225
Medium-curing liquid asphalt	MC–4 & MC–5 *	200–250	175	275
Slow-curing liquid asphalt	SC–0 & SC–1 *	75–125	50	175
Slow-curing liquid asphalt	SC–2 & SC–3	175–225	150	250
Slow-curing liquid asphalt	SC–4, SC–5, SC–6	225–325	200	375
Asphalt emulsion	RS, MS, SS, WPE	00–120	50	150
Brick filler	F–1	400–475	375	500
Brick filler	F–2	475–500	450	525
Waterproofing asphalt	WPA	300–350	275	375
Powdered asphalt	Pwd. A			
Tar waterproofing primer	Primer T	60–80	40	100
Light tar	RT–1, RT–2, RT–3	80–130	60	140
Medium tar	RT–4, RT–5, RT–6	125–150	100	200
Heavy tar	RT–7, RT–8, RT–9	185–215	175	250
High-carbon tar	RT–10, RT–11, RT–12	185–225	175	250
Tar cutback	RTCB–5, RTCB–6 *	80–120	60	120
Waterproofing pitch	WPP	250–350	200	375

From *Construction and Material Specifications*, Ohio Department of Highways, January 1, 1942.

* These materials contain flammable volatile constituents and extreme care must be used in handling and heating.

جدول رقم(11- 7)

ب. محلول الاسفلت متوسط التطاير (Medium Curing) (M.C):

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة مذيبة(كاز) وهذه المادة أقل تطايراً من الصنف الأول، ويندرج تحت هذا الاسم ست مجموعات مبينة في الجدول المرفقة في آخر المادة.

ويمكن تقسم هذا النوع حسب لزوجته إلى:

M_{c3000}, M_{c800}, $M_{c\ 250}$, M_{c70}, M_{c30} اعتماداً على لزوجته اماكن استعمال هذه الأنواع:

M_{c70}, M_{c30}	يستخدمان كوجه تاسيس (Prime Coat) للأسطح المحتوية على مواد ناعمة متوسطة ودرجة حرارته عند الاستعمال ما بين (15- 60)مْ.
M_{c800}, M_{c250}	يستخدمان في الخلطات الاسفلتية الباردة على جوانب الطرق وللمواد المحتوية على نسبة متوسطة من الحصمة الناعمة ودرجة حرارته عند الاستعمال ما بين (50 - 90)مْ.
M_{c3000}	فيتميز بإنها شديدة اللزوجة وتستخدم أيضاً في الخلطات الباردة في المصنع غالباً وتتراوح درجة حرارتها عند الاستعمال ما بين (90- 120)مْ.

والجداول من(1/11 إلى 7/11)تبين مواصفات هذه المواد.

ومحلول الاسفلت بطء التطاير Slow Curing (S.C):

ويستخرج هذا النوع من تقطير المواد الخام للبترول، ويتم إنتاجه بخلط الاسفلت الجامد+ مادة مذيبة كالديزل، ويستخدم في الخلطات التي بها نسبة عالية من الحصمة الناعمة ليسمح بتخلخل المخلوط خلال هذه الحصمة ويغلفها تماماً.

وتقسم هذا النوع إلى ستة أنواع كما في الجداول من(11- 1،11- 7)، إما إذا اعتمدنا اللزوجة كتصنيف فتقسم إلى S_{c70}، S_{c250}، S_{c800}، S_{c3000}.

S_{c70} يستخدم في أعمال التاسيس (Prime Coat) حيث تزداد كمية المواد الناعمة في الخلطة الاسفلتية وهذا النوع يسيب عند درجات الحرارة العادية.

$Sc_{250,800}$ فهاتان تستخدمان في أعمال الخلط على جوانب الطريق عندما تكون كمية الحصمة بها نسبة متوسطة من المواد الناعمة ولزوجتها من السابقة.

S_{c3000} فيحتاج إلى عملية تسخين لتسييلة واستخدامه في خلطة الاسفلت في المصنع غالباً وهذه المادة لزجة جيداً في درجة الحرارة العادية.

والجداول من(11/1- 11/7) تبين مواصفات المواد أعلاه.

ثانياً: الاسفلت المائي(المستحلب) Emulsified Asphalt:

يتم الحصول على هذا النوع من الاسفلت المستحلب كالتالي:

أ. يسخن الاسفلت الجامد حتى يصل إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (100- 130) مْ.

ب. تسخين الماء إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (60- 70)مْ مع مادة الصابون أو النشا الذي يسبب الرغوة.

ج. يوضع المزيج من (أ،ب) في خلاطة ويضاف للمزيج مادة كيماوية وتدار الخلاطة مع الهز بسرعة عالية جداً.

د. يترك المزيج ليبرد (ويحمى من البرد والصقيع في الأماكن الباردة).

وهذا المزيج هو عبارة عن حبيبات صغيرة معلقة في الماء(بسبب الصابون والنشا) وهذا المزيج هو ما يسمى الاسفلت الرغوي اوالاسفلت المائي أوالاسفلت المستحلب.

وتكون نسبة تركيزالاسفلت الجامد في المحلول (60٪) للمحلول المستخدمة في الوجه الختامي للطريق وتقل هذه النسبة لتصل إلى ما بين (30- 50٪)، للمحلول المستخدم في رشةالوجه (ورقة الاسفلت) كوجه تاسيس او لمعالجة سطح الطريق.

ويستخدم هذاالنوع كوجه تاسيس (Prime Coat)، كوجه لاصق (Tack Coat)، كوجه ختامي (Finishing Coat)، او لسدالشقوق (Sealing Coat)، وفي الخلطات الاسفلتية.

ويتبخر الماء من المستحلب عند رشه ويعتمد التبخر على مايلي:

1. سرعة التبخر.
2. التفاعل بين المستحلب والحصمة.
3. الخاصيةالشعرية وامتصاص سطح المواد للمستحلب.
4. الحركة والهز أثناء عملية الدحل والرج الميكانيكي.

ويمكن تقسم الاسفلت المستحلب إلى ثلاثة أقسام حسب سرعة التصلب:

R.S	Rapid Set	سريع التصلب	الأقل تركيزاً
M.S	Mednum Set	متوسط التصلب	
S.S	Slow Set	بطئ التصلب	الأكثر استقراراً

(R.S) يستخدم لطبقة الوجه الختامي ولمعالجة السطح ولإعمال رصفة مكادم.

(M.S) يستخدم في أعمال الخلط على جوانب الطريق.

(S.S) يستخدم كوجه لاصق ومع الخلطة ذات الحصمة الناعمة.

ويستخدم هذا النوع مع الحصمة الرطبة حتى في الأجواء الباردة حيث لا يحتاج إلى عملية تسخين والجدول السابقة يبين خصائص المواد من جداول (7/11 -1/11).

تغير اللزوجة مع الوقت للاسفلت المحلول والاسفلت المستحلب، وتزداد اللزوجة تدريجياً في الاسفلت المحلول وفقاً لتطاير المواد المذيبة او المساعدة التي تحتوي عليها حتى تصل لدرجة الاسفلت الجامد ثم تثبت قيمة اللزوجة، بينما في الاسفلت المستحلب تزداد اللزوجة فجائياً عندما يتصلب الاسفلت المستحلب.

والأشكال من (1/11- 7/11) يبين ذلك.

مما سبق تبين أهمية الأسفلت واستخداماته بشكل كبير ومن الخواص المطلوبة في الاسفلت:

1. القوام.
2. التحمل مع الدوام للعوامل الجوية والطقس.
3. معدل جفاف الاسفلت.
4. مقاومته للمياه.

ويتم كل ما سبق بإجراء فحوصات الاسفلت الضرورية اللازمة للتعرف على خواص ومواصفات الاسفلت المطلوبة.

TEMPERATURES AT WHICH VARIOUS BITUMINOUS MATERIALS SHALL BE APPLIED

Material		Temperature, °F		
Description	Designation	Correct for Average Conditions	Min.	Max.
Asphalt cement	60–70, 70–80, 85–100	250–325	225	350
Asphalt cement	150–200, 200–300	250–275	225	325
Asphalt waterproofing primer	Primer A *	50–80	40	100
Rapid-curing liquid asphalt	RC-0 & RC-1 *	75–125	50	150
Rapid-curing liquid asphalt	RC-2 & RC-3 *	100–150	75	175
Rapid-curing liquid asphalt	RC-4 & RC-5 *	175–225	150	250
Medium-curing liquid asphalt	MC-0 & MC-1 *	75–125	50	175
Medium-curing liquid asphalt	MC-2 & MC-3 *	150–200	125	225
Medium-curing liquid asphalt	MC-4 & MC-5 *	200–250	175	275
Slow-curing liquid asphalt	SC-0 & SC-1 *	75–125	50	175
Slow-curing liquid asphalt	SC-2 & SC-3	175–225	150	250
Slow-curing liquid asphalt	SC-4, SC-5, SC-6	225–325	200	375
Asphalt emulsion	RS, MS, SS, WPE	60–120	50	150
Brick filler	F-1	400–475	375	500
Brick filler	F-2	475–500	450	525
Waterproofing asphalt	WPA	300–350	275	375
Powdered asphalt	Pwd. A			
Tar waterproofing primer	Primer T	50–80	40	100
Light tar	RT-1, RT-2, RT-3	80–120	60	140
Medium tar	RT-4, RT-5, RT-6	125–150	100	200
Heavy tar	RT-7, RT-8, RT-9	185–225	175	250
High-carbon tar	RT-10, RT-11, RT-12	185–225	175	250
Tar cutback	RTCB-5, RTCB-6 *	80–120	60	120
Waterproofing pitch	WPP	250–350	200	375

From *Construction and Material Specifications*, Ohio Department of Highways, January 1, 1949.

* These materials contain flammable volatile constituents and extreme care must be used in handling and heating.

جدول رقم(11- 7)

TYPICAL EXAMPLES OF PROPORTIONING FOR ASPHALTIC-CONCRETE SURFACE COURSES

By Percentages Passing and Retained

Sieve Openings for Aggregate		Percentages by Weight							
		Oregon, 1937 (Bitu-lithic)	Missouri		New York	Ohio		Washington	
Passing	Retained		Type B	Type D	Type 1A	Type 4	Type C	Class A	Class C
1½ in.	¾ in.	96–80							
1 in.									
? in.	½ in.					0–5		100	
? in.	¼ in.				0–5			25–50	
¾ in.			100	100					
⅝ in.	⅜ in.		0–3	0–5		5–20			
½ in.									
½ in.	¼ in.								100
⅜ in.	⅛ in.					7–20	0–7		0–10
¼ in.	¼ in.	13–30	7–17	24–40	15–30			15–30	30–50
¼ in.	No. 4					10–35	25–45		
⅛ in.	⅛ in.				25–45				
⅛ in.	No. 10	8–12	8–18	25–40				5–20	25–40
No. 4	No. 8					0–10	0–15		
No. 6	No. 60					30–45	30–45		
⅛ in.	No. 50				15–22				
No. 10									
No. 10	No. 40		5–21	10–21				25–35	25–35
No. 10	No. 200	24–32						20–50 ‡	20–30 ‡
No. 20	No. 80				6–16				
No. 40	No. 80		12–24	5–14				20–50 ‡	20–40 ‡
No. 50	No. 200					5–15	5–15	15–25 ‡	15–25 ‡
No. 80					3–10				
No. 60	No. 200		9–21	3–14					
No. 200		4–7	5–16	3–7		0–6	0–5	4–10 ‡	0–10 ‡
Total retained on no. 4						50–60	40–65		
Filler, % by wt.			*	*				1.0–3.0	1.0–3.0
Asphalt, % by wt.		8–9.5	6–9	3.5–8	5.5–7.5	5–8.5	6–10	4.5–6	4.5–7
Penetration			60–70	50–70		85–100	85–100		

* Filler specified, but included in percentages shown.
‡ That portion of aggregate passing the no. 10 sieve is considered separately as 100% in determining these limits.

جدول رقم (11- 8)

TYPICAL EXAMPLES OF PROPORTIONING FOR ASPHALTIC CONCRETE

By Per Cent Passing

Sieve Openings for Aggregates	Per Cent by Weight Passing Sieves									
	Asphalt Institute		Calif. Div. of Hwys. (1940)			Georgia Hwy. Dept.			Penn. Dept. of Hwys.	
	Surface Course		Base Course	Leveling Course	Surface Course, Type A	Binder Course, Type A	Surface Course, Type C	Surface Course, Type E	Binder Course	Wearing Course
	1 in. Max.	¾ in. Max.								
2½ in.			100							
2 in.			90-100							
1½ in.						100	100			
1¼ in.				100						
1 in.	100		70-93	80-100	100	95-100	95-100	-	100	
¾ in.	95-100	100			90-100				90-100	
½ in.	75-90	95-100	48-63	65-80	70-85	65-80	50-75	100	45-80	100
⅜ in.								95-100		65-100
No. 4	45-60	60-80	28-43	33-43	40-53	35-50	35-50		30-50	45-70
No. 8			23-37	26-38	30-40			60-80	20-40	30-55
No. 10	35-47	40-55								
No. 14						30-45	30-36	45-60		
No. 20									10-28	20-40
No. 30			17-30	19-27	13-23					
No. 40	20-33	24-35								
No. 50							10-20	15-25	3-18	6-25
No. 80	14-24	12-27								
No. 100			8-14	5-15	8-16	0-10	7-10	10-18	0-10	4-12
No. 200	6-12	5-15	1-4	1-5	4-8	0-4	3-7	6-10	0-5	2-8
Filler, % by wt.	*	*	None	None	3-5 †	None	*	*	None	*
Asphalt, % by wt.	5-8	5-6.5	4.5-5	4.5-5.5	5-6.5	4.5-7	5.5-9	6-10	6-7.5 ‡	6-9 ‡
Penetration	50-60 to 85-100		60-70 to 150-180			85-100				

* Filler specified, but included in percentages shown.
† This filler is included in the gradings shown above.
‡ These percentages are for stone aggregate. They increase to 6-9 and 7-10 for binder and wearing courses if slag is used.

جدول رقم(11- 9)

تصميم الخلطة الاسفلتية الخرسانية الساخنة:

(Asphaltic or Bituminous concrete Pavements)

يقصدباصطلاح الخرسانةالاسفلتي(Asphalitic Concrete) نوع سطح الطريق المصنع من الحصمة المدرجة الساخنة ومواد ناعمة المخلوطة بالاسفلت الساخن، والخرسانة البيتومينية اصطلاح أكثر شيوعاًالمكون من الاسفلت الخرساني وخلطات مشابهةمع القارالمكرر (Refined Tar).

والحصمةالخشنة هنا هي الحجارة المكسرةالحبث المكسر(خبث الأفران والمصانع) أوحصمة كبيرة مكسرة مضافاً لهاالرمل أوالرمل ومواد مالئة.

والحصمة الناعمة هي الجزئيات أوالحبيبات المتدرجة في الحجم من منخل رقم(10) على منخل رقم(4) وما دونه، ويحتوي على الرمل أو الحجر المار من المناخل أوالاثنين معاً، ويجب أن تكون الحصمة خاليةمن الأوساخ والموادالعضوية وتتدرج في الحجم من الخشن إلى الناعم.

في بعض الأحيان تستخدم المواد المالئة كعنصر ومكون منفرد للخرسانة الاسفلتية، ومن العناصر المالئة هومسحوق الحجرالجيري الناعم، الاسمنت البورتلندي أوغبار بعض المعادن.

تحضيرخلطة الاسفلت الخرساني:

Preparation of bituminous – concrete Mixtures

يجب ان تتوفرالمصبع الساخن (Ht Plants)الذي ينتج مثل هذه الخلطات مكلف ومعقد، والشكل(8- 9) يبين رسماً لهذا المصنع.

وفي المدن الكبيرة حيث الطلب على موادالرصفة مستمر فالتمديدات الدائمة التي تخدم المناطق الحضرية والعواصم قد وجدت، وفي المناطق الريفية والزراعية تحتاج المشاريع المنفردة إلى مصانع متحركة لتصل إلى الموقع ولذلك يجب أنشاء خط سكك حديدية اوالطرق السريعة، والموادالاسفلتية تنقل من موقع التكرير إلى المصنع الحار (Hot plant) في شاحنات أو تنكات خاصة تسخن المواد بواسطة ملفات حرارية غازية ذات سعات ما بين(6500- 10000) جالون وتحمل الموادالرابطة في حرارتها العليا(تنخفض الحرارة أو تقل بمعدل(15- 20)مْ لكل يوم اثناءالنقل متأثرة بالأحوال الجوية).

فرش ودحل خلطة الاسفلت الخرساني

لنقل هذه الخلطات بواسطة القلابات إلى موقع الطريق من المصنع فإذا كانت المسافةطويلة يتوجب تغطية القلابات لتقليل النقص في الحرارة ولا يفضل فرش هذه الخلطة في ظروف باردة أوماطرة.

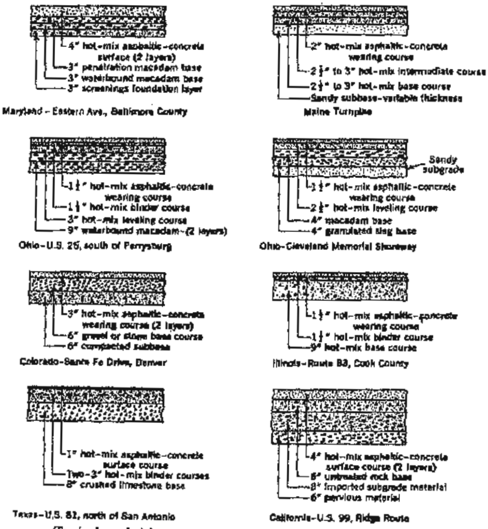
وتستخدم الآن الآليات الحديثة لفرش الخلطة وتسمى الفراشات، ويحدث عمق الطبقة قبل عمليةالدحل ومن النادر أن تفرش طبقات سماكتها أكثر من (9) سم، ولكن تفرش على طبقتين وتدحل كل طبقة منفردة ويتم دحل الطريق مرات عديدةحتى لا تترك هناك آثار لعجلات المدحلة، ويتم الدحل من الأطراف ثم يتجه إلى المنتصف، والدحل إما أن يكون على كامل طول الطريق باتجاه واحد ثم العودة وهكذا أو يكون دحل مقاطع من الطريق أو بشكل قطري ويفضل المداحل ذات الثلاثة محاور ويمكن أن تربط المحاور الثلاث لتعمل المدحلة ككتلة واحدة أويثبت المحور الأوسط على مستوى أعلى أو أدنى كما هو مطلوب، ويفضل التأكد من كثافة الدمك ليصل إلى(95٪) من الدمك الأقصى، والسطح المدموك غالباً ما يكون مانعاًلنفاذية الماء(السوائل) ومستوياً تماماً مقداره $\left(\frac{1}{8}\right)$ انش فقط لكل 16 قدم طول.

التصميم النموذجي لطريق الخرسانة الاسفلتية

Typical Design for bituminous Pavement

بعض الطرق الخرسانيةالاسفلتية لها سماكة كلية مقدارها (2) أو(5) سم مدحول تستطيع تحمل أعداد كبيرة من الحمولات الثقيلة ويفترض في هذه الطرق الارتكاز إلى قاعدة كافية قوية، وفي بعض الحالات يبلغ عمق الطريق أكثرمن(30)سم/12انش وفي السنوات القريبة والحالية زادالطلب على انشاءطرق ذات سماكات قليلة شريطة أن تكون رصفة الطريق مرتكزة على طبقة أساس ممتازة.

هـذه التـصاميم مبنيـة علـى فكـرة أن الهـدف مـن سـطح الطريـق هو حمايـة القاعـدة مـن عوامـل الطقـس وعمليـات الحـف والحـت مـن قبـل حركـة الـشاحنات والـسيارات علـى سـطح الطريـق والـشكل رقـم (11- 8) يـبين مقـاطع نموذجيـة مختلفة ويجب ملاحظة الفروقات في طبقة ما تحت الأساس الذي يؤثر كثيراً على الفروقات في سمك الطبقات والقاعدة الشكل رقم(11- 2).



Typical asphaltic concrete pavement installations for roads carrying large volumes of heavy traffic (Data collected by The Asphalt Institute)

الشكل رقم (11- 2)

الوحدة الثانية عشرة

خراب الطرق وصيانتها

المقدمة:

صيانة الطرق هي الهم الأكبر لدوائر الصيانة للطرق السريعة والشوارع حيث أن ما يرصد من موازنة لهذا البند هو قليل نسبياً.

ولكبر الفروقات والتغيرات في أنواع التربة، الطقس، والتضاريس، الشاحنات والسيارات بأنواعها وعوامل أخرى تنشأ مشاكل متعددة حتى للمناطق المحدودة (مساحات صغيرة)، وبعض المناطق وعرة وجبلية وبعضها سهل ومستوٍ، وبعض المناطق تساقط المطر فيها كبير وبعضها قليل وشبه صحراوية، بعض الطرق عريضة وبعضها ضيقة، ومنها ما يتحمل أحمال كبيرة ومنها أحمال صغيرة خفيفة.

لكل ما ذكر أعلاه وبالرغم من هذه الفروقات فإن هناك طرقاً متعددة للصيانة تستعمل بشكل جيد في كل المناطق.

ونشير إلى بعض الاصطلاحات المستخدمة في أعمال الصيانة منها:

1. **الاسفلت الخرساني(الجامد) (Asphalt concrete): وهو اسفلت اسمنتي ساخن وحصمة متدرجة ذات نوعية ممتازة مدموكاً جيداً في كتلة كثيفة موحدة.**
2. **طبقة روبة الاسفلت المستحلب: (Asphalt Emulsion slurry Seal)، وهو مزيج من خليط من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب وحصمة ناعمة ومادة مالئة بالإضافة للماء لإنتاج الروبة المتجانسة.**
3. **طبقة الاسفلت الضبابي: (Asphalt Fog seal) وهو طبقة خفيفة من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب مخفف بالماء، ويستخدم لإعادة تجديد وجه الاسفلت القديم ولإغلاق الشقوق وفراغات الأسطح، ويخفف هذا بكمية من الماء مساوية لكمية الاسمنت المستحلب ويرش رشاً بمعدل (0.1 – 0.2) غالون/لكل ياردة مربعة اعتماداً على النسيج وجفاف السطح القديم.**

4. طبقةاسفلت التسوية: (Asphalt leveling course): طبقة مختلفة السماكة تستخدم للحد من عدم استوالية الطريق قبل وضع طبقة المعالجة(والطبقةخليط من الاسفلت وحصمة).
5. طبقة إضافية (Asphalt Overlay): طبقة اواكثر توضع على سطح الطريق الموجود، وهذه تستخدم ايضاً لتصحيح مناسيب الطبقة القديمة ومتبوعة بطبقة أوطبقات للحصول على السماكة المطلوبة، (في بعض الأحيان تعتبر هذه الطبقة كطبقة إنشائية وليست صيانة).
6. طبقةالسطح(Asphalt Pavement) وهي طبقة من الحصمة مرشوشة بطبقة لاصقة من الاسفلت الاسمنتي موضوعة على طبقة أساس الطريق أوحجارة رصفة مكسرة أو أي طبقة اساس أخرى وحتى على طبقة اسمنتية خرسانية او طوب.
7. وجه اسفلت تاسيس (Asphalt Prime Coat): طبقة ذات لزوجة قليلة ترش على السطح لتعمل كقاعدة رابطة لطبقةالأسفلت لسطح الطريق، ووظيفة هذا الوجه ايضاًالتخلخل في قاعدة الطريق وأغلاق الفجوات وتقسية السطح من أعلى وللمساعدة على الربط مع طبقة الاسفلت اللاحقة.
8. اسفلت غالق (Asphalt Seal Coat): طبقةخفيفة من الاسفلت تستخدم كوجه مانع للماء ولتحسين خاصية سطح التآكل ومن الممكن رش حصمة فوق هذه الطبقة او عدم رش طبقة اعتماداً على الهدف من استخدام سطح الطريق، ومن أنواع هذا الاسفلت الرئيسية: الاسفلت المستحلب، والاسفلت الضبابي.
9. اسفلت معالجة السطح (Asphalt Surface Treatment): يستخدم لأي نوع من الطرق أو الرصفة دون أو مع طبقة من الحصمة والتي تؤدي إلى زيادة في السماكة أقل من(2.5سم).
10. اسفلت لاصق (Asphalt Tack coat): طبقة خفيفة من الاسفلت السائل ترش على اسفلت قديم أوخرسانة قديمة لتحقق التلاصق ما بين الطبقة المنشاة سابقاً والطبقة الجديدة التي سوف تفرش.

11. الانحناء (Deflection): وهو مقدار الهبوط العامودي للسطح نتيجة الأحمال الزائدة على سطح الطريق.
12. بنية الرصيف (Powement Ftructure): جميع الطبقات من مواد مختارة توضع على طبقة الأساس او ما تحت الأساس عدا الطبقات المنشأة في عملية الفرشيات.
13. الخلاط المصنع (Plant Mix): خليط مصنوع في مصنع الاسفلت وتحتوي على الحصمة مخلوط بتجانس مع الاسفلت الاسمنتي أو الاسفلت السائل.
14. الرصف الاسفلتي العميق (Full – Depth – Asphalt Powement): وهي المنشآت الرصيفة والتي يستعمل فيها خلطة الاسفلت لجميع الطبقات فوق طبقة الأساس أوطبقة الأساس المجددة، وتوضع هذه الخلطات مباشرة فوق طبقة ما تحت الأساس.

1. تعريفات:

أ. تعريف الصيانة:

صيانة الطريق تعريف صعب توضيحه، فالبعض يسمونه تحسين الطرق والبعض يسميه صيانة والبعض يعني بـ الأعمال التي تبقى الطريق كما انشأت وغيرهامن التعريفات لكن ومع أخذ كل هذه الاعتبارات فإن التعريف الذي يلائم معظم التوضيحات هو:

العمل اليومي الذي ينفذ كي تبقي الطريق تحت الظروف العادية لمرور السيارات والآليات وقوى الطبيعة كأقرب ما تكون إلى الظروف التي أنشأت عندها الطريق.

ب. لماذا تعتبر الصيانة ضرورية:

تحتاج الطرق جميعها إلى صيانة والسبب الرئيس هو الضغوطات التي تنشأ وتسبب خراباً صغيراً ثابتاً لكل أنواع الطرق، مثل هذه الضغوطات تنشأ عن التغير في درجات الحرارة أو محتوى الرطوبة بسبب الآليات أو بالحركات الصغيرة في الطبقات التحتية الملاصقة للأرض أو التربة، الشقوق والحفر والهبوطات وأي حالات أخرى هي الدليل المرئي لاهتراء الطريق، وهي المحصلة النهائية لإهتراء وخراب الطريق التي تبدأ حيث ينتهي الأنشاء، وفي المناطق الحضرية والمدن تحفر القنوات خلال الطريق لخطوط المياه والخدمات الأخرى وهذه تعتبر من الأسباب الرئيسية لصيانة الطريق.

ج. الصيانة الوقائية:

التصليح في وقته عبارة تعني الفحص المبكر والعلاج للأعطال مباشرة، وهذا هو بل اهم عمل تقوم به فرق الصيانة، فالشقوق وتصدعات سطح الطريق التي في مراحلها الأولى تكون غير ملحوظة ممكن أن تتطور إلى أعطال كبيرة إذا لم تجر لها الصيانة اللازمة مباشرة.

هذا السبب فيجب فحص الطرق بإستمرار ومراقبتها من قبل عمال متخصصون وهذا يوفر الوقت والجهد والمال على المدى البعيد، ومن الصعب رؤية الشقوق إذا ما كنا في عربة أو سيارة تمر على الطريق ولذلك فإنه يتوجب رؤية ذلك عن قرب بالمشي على سطح الطريق والتمعن في كل الشواهد على سطح الطريق عن قرب، ومن الممكن أيضاً رؤية بعض الإشارات الأخرى التي تدل على خراب في الطريق مثل الطين(رؤية الطين) وسيلان الماء على الأكتاف أو حتى على سطح الطريق نفسه والتي تعني للخبير بإن هناك مشكلة ستنشأ في المستقبل وعلى الفريق الذي يفحص الطريق أن يضع الخطط الجيدة للصيانة بأنواعها التي تحتاجه الطريق، وعلى جميع العاملين في فرق الصيانة أخذ جميع احتياطات السلامة أثناء تفقدهم وكتابتهم لتقارير الصيانة للطرق(لباس، احذية، نظارات،....).

2. صيانة الرصفات

Maintenance of Asphalt Pavements

أ. **أنواع الرصفات:** صيانة الرصفات تتناول الرصفة العميقة وحتى المعالجة السطحية وتشتمل على المسارب الرئيسية والاكتاف والشوارع الفرعية ومدارج الطائرات ومواقف السيارات وكل أنواع الرصفات الأخرى حتى الاسمنتية منها.

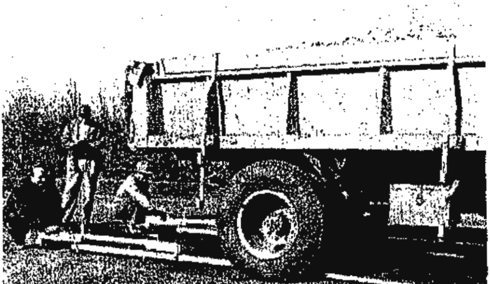
وسنتناول هنا الأنواع العادية من الأعطال والهبوطات في رصفات الاسفلت اسبابها وطرق علاجها بشكل عام.

ب. **الرطوبة والأساس الحبيبي:** في الوقت الراهن كثيرمن الرصفات الاسفلتية تحتوي على الوجه أوالسطح الاسفلتي فوق قاعدة حبيبة، وهذه القاعدة تتدرج من الحمصة (الحصى) إلى خليط المقلع من الحصى إلى الصخر والصخر المكسر، هذه الأنواع من القواعد تدوم طويلاً طالما أنها لا تتعرض لأي رطوبة أو تصرف الرطوبة بشكل جيد ولكن إذا ما تشبعت بالماء فإنهاتفقدقوتها سريعاً تحت الاثقال وعوامل لسير عليها (السيارات أو الشاحنات وغيره) وامتصاص الماء وتشبع هذه القواعد هوالعامل الأهم لمشاكل الصيانة فمنها ما تصبح طبقةالقاعدة لينة وتتشقق إلى ما يسمى الشقوق التمساح ونموذج خطوط الرجاج(متشعبة) ولذلك يجب معالجة أسباب حدوث هذه الأسباب وليس صيانة الشقوق فقط، وتصمم كثيراً من الرصفات ذات الأساس الحصوي بتصاريف خاصة لمنع تشبع الحصى بالمياه السطحية وحتى الجوفية، ولكن كثيراً من الرصفات الآن ذات الأساس الحصوي الطيني مغطاة بطبقة الاسفلت مشبعة وينشأ عنها مشاكل للرصفة(غالباًما تكون مثل هذه الرصفات(حصوية طينية) بها نسبة عالية من المواد الناعمة)، فعند سقوط الأمطار تتشبع هذه المكونات بالمياه (وعندالجفاف تفقد هذه المكونات المياه)، وبما أن طبقة الاسفلت تمنع تبخر المياه من خلالها فإن هذه المياه تحاول الهروب من خلال طبقات الأساس وما

تحت الأساس ومن الاكتاب مما يؤدي حتمياً إلى حدوث التشققات والهبوطات والتصدعات في جسم الطريق.

عليه يتوجب عند تفقد سطح الطريق أن نلاحظ وجود المادة الناعمة والماء المحبوس داخل مسامات وفراغات الطبقة لتحسن ظروف الصرف للمياه وأيضاً أن نستخدم أسفلت مخلوط داخل خلاطات الاسفلت وليس موقعياً على الطريق.

ويقاس مدى الهبوط الكبير في سطح طريق بجسر يسمى جسر بنكلمان كما في الشكل(12 - 1) وهو جسر رفيع يوضع طرفه بين عجلتي القلاب (المحمل) الخلفيتين والطرف الآخر يمتد على المنطقة الهابطة، وعندتحرك القلاب على الأمام بسرعة بطيئةجداً يرتدطرف هذا الجهاز إلى أعلى ويقاس هذا الارتداد ويقارن مع سطح طريق ليس به أي هبوط،او هبوطها قليل نسبياً وتعالج هذا الهبوط ويصان جيداً، ويقاس الارتداد بواسطة عداد قياس الارتداد المثبت على ذراع الجهاز .(dial gauge)



—Benkelman beam (*Photo courtesy U.S. Bureau of Public Roads*)

الشكل رقم(12- 1) يبين جسر بنكلمان

ج. خلطات الترميم (Patching Mixtures)

كثيرمن خلطات الترميم تنزف فتصبح غير ثابتة وتتعرض لعمليات دفع بعد وضعها على السطح المنوي ترميمه، والسبب في هذا زيادة نسبة مادة الاسفلت في الخلطة وكذلك فإن من الأسباب هو عدم إعطاء الوقت الكافي لهذه الخلطة بالجفاف والسماح للمرور(السيارات والشاحنات) عليها، وعليه يجب اختيار تصميم خلطة جيدة بالرغم من ارتفاع كلفتها لتدوم هذه الخلطة طويلاً، وبالإمكان الحصول على خلطة ترميم ساخنة في الموقع بإستخدام سخانات خاصة للحجم المراداستخدامه، وأيضاً ممكن استخدام سيارات صغيرة تخلط مثل هذه الحجوم المراد استخدامها لذلك المكان شبيهة بسيارات الخلطات الجاهزة للخرسانة.

د. وجه التاسيس والوجه اللاصق (Prime and Tack coat)؛

إذا تبين ان أساس منطقة الترميم غيرمعالج فيجب تأسيسه بمعدل (0.2 - 0.3) جالون/ ياردة مربعة بالاسفلت السائل، فإذا لم تتوفر آلة الرش فيمكن رش الاسفلت يدوياً، ولكن يجب الحذر أن لا يستخدم كمية زائدة من هذا الاسفلت السائل، فيكتفي فقط برش الاسفلت بحيث يشكل السائل خطوطاً على طبقة الأساس مثل خطوط العنكبوت، وحواف القطع أو الحفرة مثلاً يجب رشها بوجه لاصق لتأمين التلاصق بين أسطح الحواف وخلطة الترميم.

وإذا استخدم وجه تأسيس ووجه لاصق يتوجب إعطاء الوقت الكافي لجفاف هذين الوجهين إذا كان الاسفلت من نوع الاسفلت المستحلب(حتى يتبخر في المستحلب وتجف الاسفلت)، قبل وضع خلطة الترميم.

وكذلك إذا استخدم الاسفلت سريع الجفاف أومتوسط الجفاف يجب اعطاءها الوقت الكافي حتى يتغلغل الاسلفت في المسامات والفراغات قبل وضع خلطة الترميم، ولخلطة الوجه يجب رش السطح باسفلت لاصق بكمية معقولة حيث أن زيادة كمية رش السطح بلأسفلت اللأصق يمكن أن يسبب انزلاق خلطة الترميم.

٥. فرد وفرش خلطة الترميم:

بعدتهيئة الحواف والسطح ورش وجه التاسيس والوجه اللاصق يتبقى فقط فرش ودحل خلطة الترميم.

يجب عدم رمي خلطة الترميم من القلاب مباشرة في المنطقة المراد وضع الخلطة عليها بل يجب تنزيلها بواسطة الكوريك من القلاب أو وضع مزراب أو ألواح خشب ثم ينزل عليهاخلطة الترميم ابتداءمن الحواف ثم إلى المنتصف للمنطقة المرادصيانتها ويجب استخدام الكميةالمناسبة فقط للترميم بحيث لو تم دحل هذه الطبقة يكون مستواها مع مستوى سطح الطريق وليس أعلى ولا أدنى من ذلك حتى لا تسبب ضرراً لمستخدمي سطح الطريق، كما في الشكل(12- 2).



Placing patching mixture

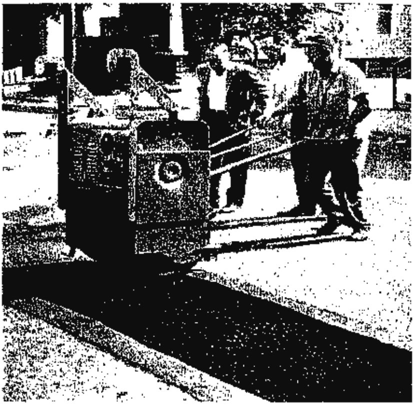
الشكل رقم (12- 2)

فرد وفرش خلط الترميم

و. دمك خلطة الترميم:

يجب مراعاة أن يكون مسار الرجاج أو المدحلة في شوط الذهاب وشوط الأياب متراكباً بمعدل لا يزيد عن(15)سم ويجب الدحل المتكرر على الطرف الآخرحتى يتم التلاحم جيداً عندحواف الأطراف، ويجب أن يتم الدحل من الطرف المنخفض إلى الطرف الأعلى في الذهاب والأياب ومراعاة التراكب بحيث يكون السطح الجديد كما أسلفنا في مستوى السطح القديم تماماً.

ولكن إذا استخدم الدمك اليدوي فيفضل أن يبقى السطح الجديد مرتفعاً قليلاً عن سطح الطريق الأصلي ومرور السيارات والشاحنات سيضغط على السطح الجديد ليصبح مستوياً تماماً مع السطح القديم كما في الشكل(12- 3).



Compacting patching mixture

دمك خلط الترميم وتسويتها

الشكل رقم(12- 3)

1. التشققات (Cracking):

عام: التشققات تأخذ أشكالاً عديدة فالتشققات البسيطة صيانتها تتم بتعبئتها وفي يوم آخر يجب إزالة للمنطقة المتشققة تماماً وإجراء التمديدات لصرف الرطوبة والمياه تكون ضرورية قبل إجراء الإصلاح الجذري لهذه التشققات وعليه، فإن الإجراء الصيانة يجب تحديد نوع التشقق، والذي سنبينه هنا سيكون هو الطريق الأنسب وليست الوحيدة لإجراء الصيانة.

تشققات التمساح **Alleator cracks**: هذه تشققات متصلة مع بعضها البعض مشكلة مربعات او مستطيلات او اي شكل اخر شبيهة بجلد التمساح، أو أسلاك الرجاج(الذي يستخدم في القصارة)، كما في الشكل(12- 4).

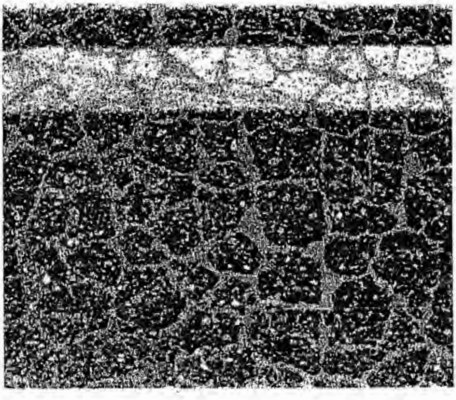


Figure II-4—Alligator cracks

الشكل رقم(12- 4)

تشققات التمساح

أسباب التشققات: السبب في مثل هذا النوع من التشققات يعود إلى الانحناءات الكثيرة للسطح على طبقة تحت الأساس أوالطبقات السفلية للطريق، الذي سببه تشبع طبقات الأساس أو ما تحت الأساس أوما تحت الأساس بالمياه او الرطوبة ونتيجة لتكرر مرور الأحمال على هذا السطح أكبر من القدرة التصميمة للأوزان المصمم لها هذا السطح.

العلاج: من معرفة السبب أعلاه في حدوث مثل هذه التشققات يجب ازالة الطبقة أو المادة الرطبة وتركيب تمديدات صرف الرطوبة والمياه ثم وضع خلطة مصنع على (Plant Mix) المنطقة بكاملها للعمق المطلوب حتى الوصول إلى طبقة أساس جيدة فإذا لم تتوفر مثل هذه الخلطة فتوضع طبقات حصوية للأساس بما لا يتجاوز سمك(15)سم لكل طبقة تدمك جيداً وترش طبقة الأساس بوجه لاصق ثم توضع خلطة الترميم.

وإذا كان ضرورياً فتجرى صيانة مؤقتة بفرش حصمة ناعمة مع الاسفلت على هذه الشقوق والمنطقة المراد صيانتها كوجه خفيف، ولكن بعد ذلك يجب عمل الصيانة الدائمة للمنطقة.

الرصف الاسفلتي العميق (الصيانة الدائمة):

تتم الصيانة الدائمة بعمل التالي:

1. ازل الطبقة السطحية وما تحتها حتى العمق المطلوب للوصول إلى الطبقة الصلبة الثابتة وعلى الأقل(30سم)خارج منطقة التشقق، (الشكل 12- 5) هذا يعني إزالة بعض من طبقة ما تحت الأساس، وأعمل القطع على شكل مستطيل أو مربع بأوجه مستقيمة وعامودية، ويكون القطع متعامداً مع حركة اتجاه حركة المرور وذلك بإستخدام منشارة قص الاسفلت أن كان ذلك ممكنا (Pavement Saw).



Removing surface and base

الشكل رقم(12- 5) إزالة السطح والقاعدة

ب. إذا كان سبب التشقق من المياه يتوجب عمل مصارف مياه أولاً.

ج. رش طبقة لاصقة اسفلتية على الحواف العمودية(الشكل 12- 6).



Applying tack coat to vertical surfaces

د. للحصول على أفضل النتائج أغلق الحفرة بـ خلطة مصنع ساخنة (الشكل 12- 7)، افرش الخلطة بحذر لتمنع الانفصال في الخلطة (الشكل 12- 8)، إذا لم يتوفرخلطة المصنع الساخنة فأغلق الحفرة من حصمة أساس متدرجة جيدة وأزل الطبقة العليا من هذه الحصمة لتصبح أوطأ من مستوى سطح الطريق.



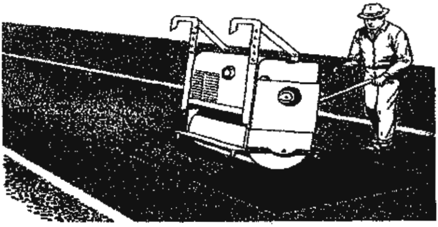
Backfilling hole with plant-mix

الشكل رقم(12- 7) إعادة التعبئة بخلط المصنع



الشكل رقم(12- 8) فرد الخلطة

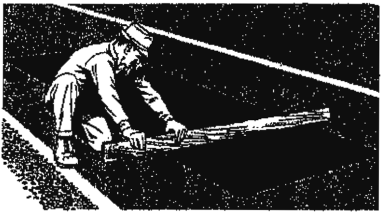
ه. أدمك على طبقات إذا كان عمق الحفرة يزيد على(15سم) دمكاً جيداً، (الشكل 12- 9) بإداة دمك مناسبة لحجم الحفرة(رجاج ذو الصفيحة يكون مناسباً أومدحلة صغيرة للحفر الأكبر مساحة).



و. عبأ الحفرة بخلطة أسفلتية مباشرة ولا حاجة لوجه لاصق.

ز. إذا استخدم أساس حصوي يجب استخدام وجه لاصق، ثم تكمل الصيانة بفرش خلطة مصنع ساخنة، ودمكها للوصول إلى منسوب سطح الطريق الأصلي، فإذا لم تتواجد الخلطة الساخنة يمكن استخدام مخلوط من المادة واسفلت سائل (لتحصل على خلطة في الموقع)

ح. استخدم حنطاً أو مسطرة طويلة للتأكد من استوائية السطح وجودته، (الشكل 12- 10).

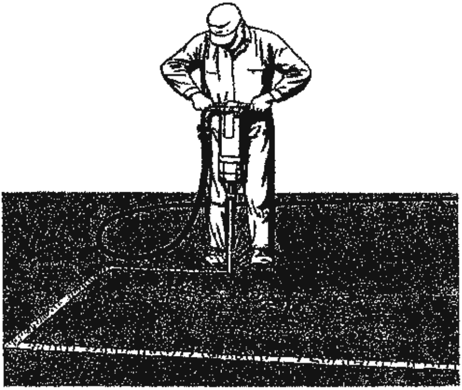


Straightedging the patch

الشكل رقم(12- 10) تسوية الخلطة مع وجه الشارع

الرقع السطحية Skin Patch (صيانة مؤقتة) للمناطق التي بها شقوق اوسع من (3.5) ملم:

أ. اعمل خندقاً صغيراً حول المنطقة التي تريد ترقيعها لعمل أوجه عامودية حول الحواف (الشكل 12- 11).



Cutting vertical face around cracked area

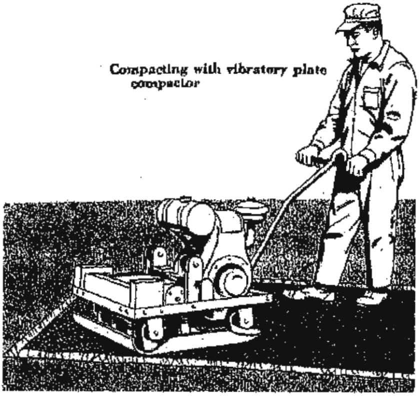
الشكل رقم (12- 11) تحديد موقع التشقق

ب. نظف المنطقة المتشققة بمكنسة أوبضاغطة هواء (Compressor) ان لزم ذلك.

ج. كنس خلطة المصنع الناعمة في الشقوق(الشكل 12- 12).

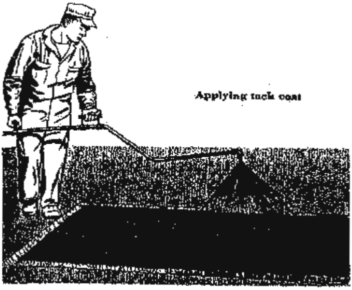


د. ادمك برجاج ذوالصفيحة اومدحلة ملساء صغيرة(لشكل 12- 13).



ه. اتأكد مع إغلاق الشقوق تماماً.

و. رش سطح التشققات بوجه لاصق(الشكل 12- 14).

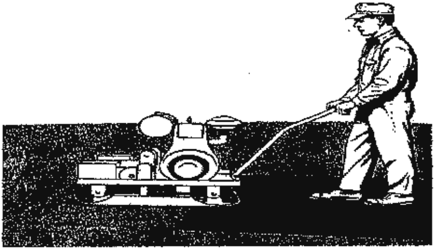


ز. ضع الرقعة السطحية من مادة اسفلتية مخلوطة في المصنع (Plant Mix) الشكل رقم(12- 15) فإذا لم تتوفر هذه المادة استخدم خلطة اسفلتية في المصنع باسفلت سائل، نظف الحواف جيداً وأزل الذرات الخشنة الكبيرة نسبياً قبل بداية الدمك.



Placing skin patch of hot plant-mix

ح. ادمك الرقعة جيداً برجاج ذو الصفيحة أومدحلة(الشكل 12- 16) فإذا لم يتوفر أي منهما بإمكانك استخدام عجلات القلاب الحامل للخلطة.

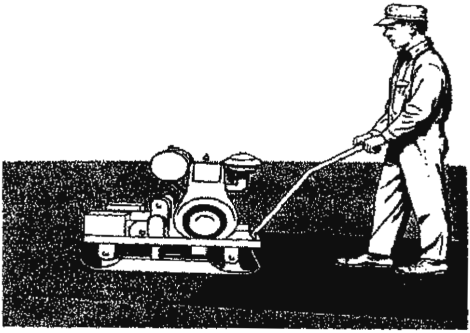


Compacting with vibratory plate compactor

الترقيع باستخدام الوجه المائي Aggregate Seal coat Patch (صيانة مؤقتة) للمساحات ذوات الشقوق الضيقة الأقل من (305) ملم:

أ. نظف المنطقة المتشقق بالمكنسة أو بضاغطة الهواء أن لزم ذلك.

ب. رش الأسفلت السائل بالكمية المطلوبة(سواء المستحلب أوالسريع الجفاف أومتوسط الجفاف) على المنطقة المنظفة، الشكل(12- 17) من (0.15 – 0.25) جالون/الياردة المربعة، وهذه الكمية كافية للوجه المائي فإذا استخدمت كمية أكبر في الشقوق فيجب زيادة كمية الاسفلت المستخدمة قليلاً.



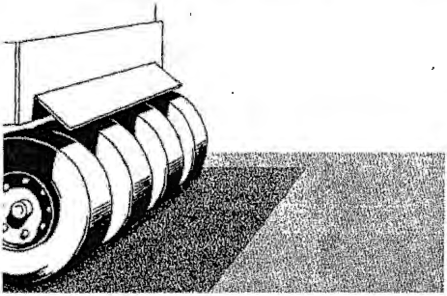
Compacting with vibratory plate compactor

ج- رش طبقة من الحصمة الناعمة (الرمل) فوراً بعد رش الاسفلت (الشكل 12- 18) (استخدم رمل من منخل $\frac{1}{4}$" وحتى رقم 10).



Applying cover aggregate

د. أدحل الوجه المائل بمدحلة ذات عجلات مطاطية، الشكل(12- 19)، فإذا لم تتوفر هذه بإمكانك استخدام عجلات القلاب الحامل للمادة.



Rolling seal coat with rubber-tired equipment

هـ. انتظر حتى يجف السطح تماماً قبل السماح للسيارات بالمرور على السطح.

روبة الوجه المائي(صيانة المؤقتة) لمساحات المتشققة نتيجة للإحمال الزائدة Slurry Seal Patch:

أ. نظف المساحة المتشققة بالمكنسة وإن كان ضرورياً بضاغطة الهواء.

ب. رش وجه مائي من روبة الاسفلت المستحلب ودعها تجف قبل مرور السيارات على السطح.

التشققات الحدية(الحواف) Edge Cracks:

هذه تشققات طولية حوالي القدم(30سم) من حافة الرصف دون أو مع تشققات مستعرضة متفرعة بإتجاه الاكتاف، والشكل رقم(12- 20) يبين ذلك:



Edge crack (*Photo courtesy Ohio Highway Department*)

شكل رقم (12- 20) – شقوق الحواف

اسباب التشققات: تنشأ هذه التشققات نتيجة لعدم دعم الاكتاف الطولية الجانبية، ومن الأسباب الأخرى هبوط الطبقات تحت المساحة المتشققة والتي بدورها ضعيفة التصريف أوالتصريف الرديء أو نتيجة للتجمد أو الانكماش الذي يمنع جفاف المنطقة المجاورة حولها، ومن الأسباب الأخرى أيضاً امتداد جذور الشجيرات والأشجار القريبة من حواف الطبقات.

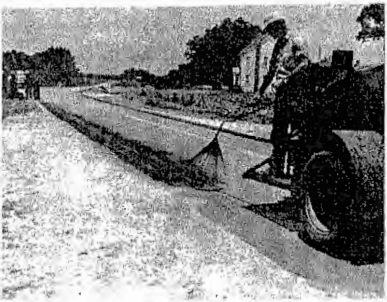
العلاج والصيانة: للصيانة المؤقتة أوالدائمة املأ التشققات بروبة الاسفلت المستحلب أوالاسفلت السائل المخلوط بالرمل فإذا ارتأيت استقرار حواف الأكتاف فوازي السطح القديم بطبقة من خلطة مصنع ساخنة ويتم العمل كالتالي:

أ. حسن نظام التصريف بعمل المواسير أوالعبارات إذا كان ذلك ضرورياً.

ب. نظف السطح والتشققات بالمكنسة والهواء المضغوط ان لزم.

ج. املأ الشقوق بروبة الاسفلت المستحلب المخلوط بالرمل وامسح بقشاطة ما هوموجود على السطح من بقايا رمل وخلافه.

د. رش طبقة اوجه لاصق، بشكل رقم(12- 21).



-Applying tack coat

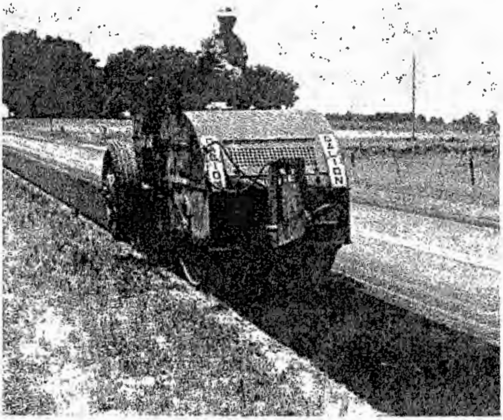
الشكل رقم (12- 21)

ه. املأ الفراغ حتى مستوى السطح للطريق برش وجه من اسفلت المصنع الساخن، الشكل رقم(20- 22) وتأكد من استوائية السطح بحافة المسطرة أوالخليط، وأدمك برجاج الصفيحة أو بمدحلة صغيرة، وتأكد من استوائية الوجه ونظافته، الشكل رقم(12- 23).



Spreading hot plant-mixed asphalt material on settled edge

الشكل رقم (12- 22) فرش خلطة المصنع على الجوانب



Compacting with roller

الشكل رقم (12- 23) الدمك بإستخدام المدحلة

و. أزل الاشجار والشجيرات الصغيرة وأية مجموعات حفرية الملاصقة لحافة الطريق.

تشققات فواصل الحواف Edge Joint Cracks:

وهذا ناتج عن ابتعاد الفاصل ما بين الطريق والكتف عن موقعه الأصلي، الشكل رقم(12- 24) وتعامل هذه الحالة كاي تشقق حاصل في سطح الطريق.

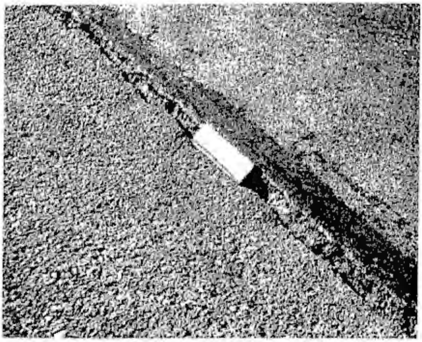


Figure II-24—Edge joint crack

شكل رقم(12- 24) فواصل تشقق الحواف

الأسباب: هو التغير المستمر في الرطوبة والجفاف تحت السطح كتف الطريق، وهذا ينتج عن التصريف الرديء نتيجة ارتفاع الكتف عن سطح الطريق أو مجموعة الحشائش أومن المادة المالئة للفاصل أومن الهبوط الحاصل في حافة الطريق، وهذا مجتمعاً أومنفرداً يسمح للرطوبة والماء بالبقاء لفترة طويلة يتسرب في الفاصل.

ومن الأسباب الأخرى هبوط الاكتاف للطريق، تقلص الخلطة، ضغط الشاحنات التي تسبب انفراج الفاصل.

العلاج والصيانة: إذا كان الماء هو السبب فيجب تحسين نظام التصريف بالدرجة الأولى للتخلص من أسباب حجز الماء وجمعه ثم اصلاح التشقق.

تشققات فواصل مسارب الطريق (lane Joint cracks): هذه تشققات طولية خلال خط اللحام ما بين المسارب على الطريق،الشكل رقم(12- 25).

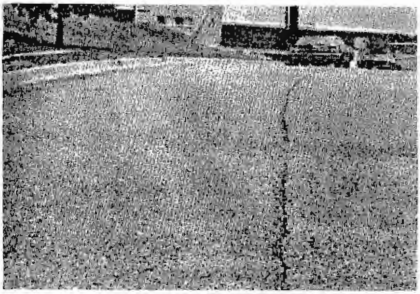


Figure II-25—Lane joint crack

الشكل رقم(12- 25) تشققات فواصل المسارب

الأسباب: هذا ناتج عن ضعف اللحام بين طبقات فرشيات الطريق المتجاورة.

تشققات الانعكاس Reflection Cracks:

هذه تشققات تحدث في الطبقة السطحية الاسفلتية والتي تعكس الشقوق الحاصلة في الطبقات السفلية،(الشكل 2- 26)، ويمكن ان يكون هذا التشقق طولياً أو مستعرضاً أوقطرياً، او على شكل الطوب (كتليا).



Reflection crack

شكل رقم (12- 26) شقوق التقلص

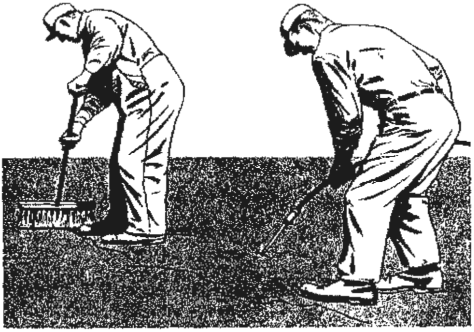
وتحصل هذه الأنواع غالباً على طبقات الاسفلت على الخرسانة الاسمنتية وعلى الطبقات المعالجة بالاسمنت، ويمكن أن تحصل أيضاً في طبقات الاسفلت والتي لا ترى فيها التشققات القديمة التي لم يتم إصلاحها بشكل جيد.

سبب التشققات: أسباب هذه التشققات من الحركات السفلية العامودية أو الأفقية التي تحصل في الطبقات السطحية الاسفلتية نتيجة للتمدد والتقلص من درجات الحرارة والرطوبة، وممكن ان تحصل من حركة السير أوالحركات الأرضية أو قلة الرطوبة في طبقة التأسيس المختلطة مع الطين.

العلاج والصيانة: التشققات الصغيرة الأقل من(3.5) ملم عرضاً من الصعب إغلاقها تماماً، التشققات الأكبر من(3.5) ملم ممكن ملؤها بروبة الاسفلت المستحلب أو بالاسفلت السائل المخلوط بالرمل الناعم.

ومن الممكن استخدام مركبات الاسفلت الثقيلة لملأ هذه الشقوق ويتم ذلك بـ:

أ. نظف الشقوق بمكنسة قاسية الشعر والهواء المضغوط شكل رقم (12- 27).



Cleaning out crack with broom and air

ب. نظف الشقوق الواسعة ماسحة مطاطية يدوية ومكنسة عادية، واملأها بروبة الأسفلت المستحلب اوالاسفلت السائل الممزوج مع الرمل وعند جفافها اختم للإسفلت السائل بإستخدام السطل والمسحة المطاطية اليدوية، الشكل رقم (12- 28).



Sealing with pouring pot and hand squeegee

شكل رقم(12- 28) أ، اغلاق الشقوق



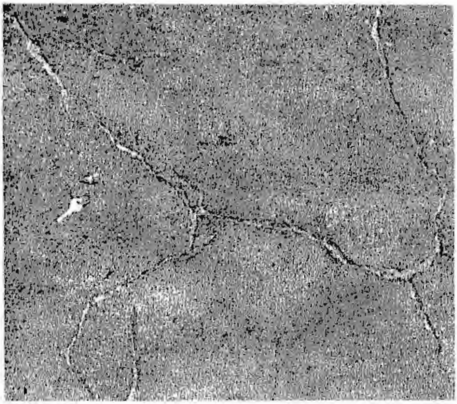
Sprinkling surface with dry sand

شكل رقم (12- 28) ب، رش السطح برمل جاف

ج. رش الرمل الجاف على السطح لتمنع التقاط الاسفلت من قبل السيارات، (الشكل 2- 29).

تشققات التقلص Shrinkage Cracks

هـي تـشققات متـصلة تـشكل محيطـات واسـعة بزوايا حـادة، شـكل رقـم (12- 30).



Shrinkage cracks

تشققات التقلص

أسباب التشققات: انـه لـن يـصعب تحديـد ان التشققات هـذه تحـدث بـسبب التغير في حجـم الخلطـة الاسـفلتية أو في طبقـة الأسـاس أوطبقـة مـا تحـت الأسـاس، ولكن على الأغلب انها تحدث نتيجة لتغيرات الحجم في الحصمة الناعمة للخلطة الاسفلتية ذات الاختراق القليل والسير القليل (قلة أعدادالسيارات) يحد من هذه التشققات على الطرق.

العلاج والصيانة: املأ الشقوق بروبة الاسفلت المستحلب متبوعة بطبقة من روبة ملأ الشقوق ولكامل السطح ويتم ذلك:

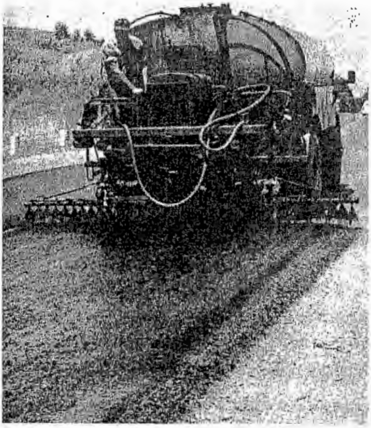
1. أزل أي مواد مفككة من التشققات والسطح بالمكنسة والهواء المضغوط الشكل رقم(12- 31).



-Cleaning shrinkage cracks with compressed air

شكل رقم (12- 31)، تنظيف الشقوق بالهواء المضغوط

2. رطب السطح بالماء ووجه الشقوق جميعها.
3. رش طبقة لاصقة اسفلتية الشكل رقم(12- 32) من الاسفلت المستحلب (عندالتأكد انه لا يوجد ماء حُر) الممزوج بالماءبنفس النسبة.



Applying tack coat

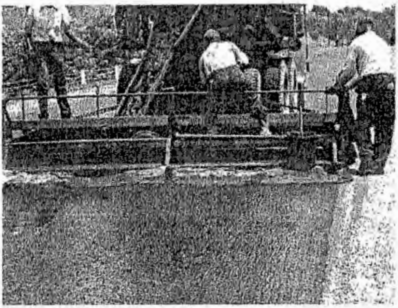
شكل رقم(12- 32)، رش الوجه اللاصق

4. حفرمزيج روبة الاسفلت المستحلب.
5. صب الروبة في الشقوق وسوها مع الضغط، الشكل رقم(12- 33).



Filling shrinkage cracks with slurry seal

6. عند جفاف الروبة حتى التصلب عالج كامل السطح بوجه من هذه الروبة لإغلاق الشقوق، الشكل رقم(12- 34).



Slurry-sealing the surface

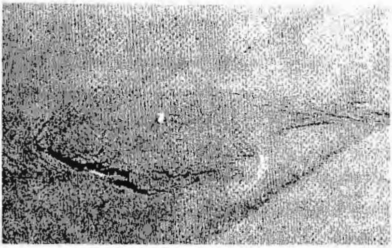
7. انتظر حتى الجفاف والتصلب تماماً ثم اسمح بحركة المرور على السطح.

التشققات المنزلقة Slippage cracks /المتزحلقة:

في بعض الأحيان تسمى التشقق الهلالي التي تشير إلى اتجاه حركة السير وتأثير ضغط العجلات على سطح الطريق(الشكل 12- 35)، ولا يعني هذا أنها تشير ثبات إلى اتجاه حركة السير، فمثلاً لو استخدمنا سيارة تسير على منحدر كوابحها فإن أثر ضغط العجلات يكون معكوساً والانزلاق في هذه الحالة يحدث تشققاً يشير إلى أعلى المنحدر.

سبب التشققات: تحدث هذه نتيجة للنقص في الربط الجيد بين طبقة السطح وما تحته من طبقات، والنقص الحاصل في الربط هو نتيجة للغبار، الزيت، المطاط، الأوساخ، الماء وأي عامل اخر يسبب عدم الالتصاق بين الطبقات، وأيضاًبسبب عدم وجود وجه لاصق بين الطبقات (Tack coat)، ويحصل التشقق

المنزلق أيضاً نتيجة لوجود كمية من الرمل زائدة في الخلطة، ويحصل أحياناً نتيجة تأثير حركة المرور تسبب الدمك غير الجيد اثناء الانشاء بسبب تكسر رابطة الطبقات.

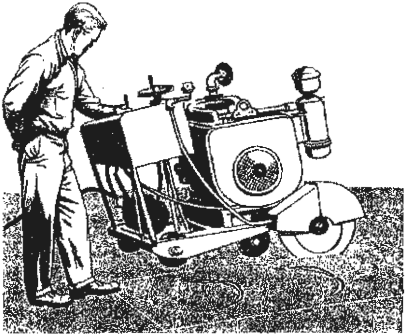


Slippage cracks

شكل رقم(12- 35)، التشقق المنزلق

العلاج والصيانة: أفضل طريقة للإصلاح التشقق المنزلق هو أزالة الطبقة السطحية من حول التشقق حتى تصل إلى نقطة التي بها ربط جيد بين الطبقات، وتتم كالتالي:

1. أزل المساحة المنزلقة أو على الأقل على مسافة 30سم حول التشقق المنزلق، أعمل على ان تكون الحواف مستقيمة وعامودية بإستخدام ماكينة قص الاسفلت أن أمكن، الشكل(12 - 36).



Cutting with power saw

الشكل (12- 36) القص بإستخدام مقص كهرباء أو ديزل

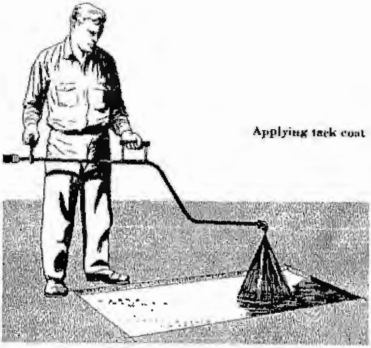
ب. نظف الاسطح جميعها والحواف بمكنسة وهواء مضغوط، الشكل (12- 37).



Cleaning surface of exposed layer

الشكل رقم(12- 37)، تنظيف السطح للطبقة المكشوفة

ج. رش طبقة وجه لاصق (Tack coat) الشكل(12- 38).



الشكل رقم (12- 38)، رش الطبقة اللاصقة

د. أفرش كمية من اسفلت خلطة المصنع في المنطقة المحفورة حتى يصبح السطح مستوياً بعد الدمك مع مستوى السطح السابق، الشكل (12- 39).

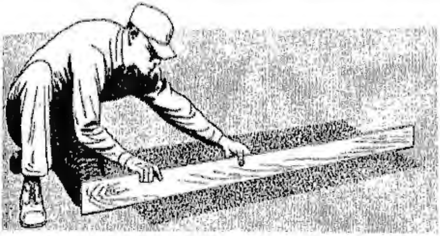


Placing plant-mix in cut

هـ. سوِ الخليط جيداً وبحذر حتى تمنع الانفصال في الخلطة، الشكل (12- 40).

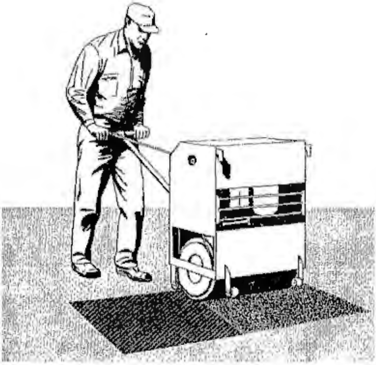


و. تأكد من جودة سطح الطريق بمسطرة او بخيط، الشكل (12- 41).



Checking with straightedge

ز. ادمــك جيــداً برجــاج ذو الــصفيحة أوبمدحلةحديديــة ملساء، الــشكل (12- 42).



Compacting with roller

التشققات المتسعة (Widening Crocks):

وهي تشققات طولية تعكس التشققات الموجودة في الطبقات السفلية على السطح فوق منطقة الفاصل بين القسم القديم والقسم الجديد عندتوسعه سطح الطريق وأسبابها وعلاجها وصيانتها كما سبق في التشققات المنعكسة.

أنظر الشكل رقم(12- 43)



Figure II-43—Widening crack

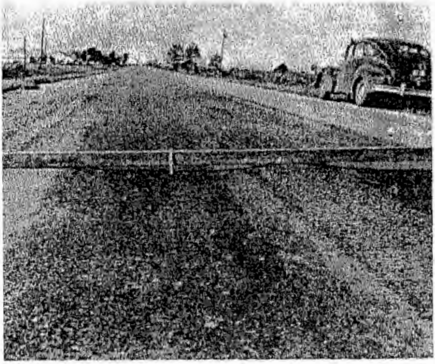
الشكل رقم (12- 43) التشققات المتسعة

التشوه – الالتواء – الاعوجاج (Distortion):

عام: تشوه الطريق هو أي تغير في سطح الطريق عن الشكل الأصلي، والسبب في ذلك يعود إلى قلة دمك طبقات الطريق، كثيرمن المواد الناعمة في طبقة خلطة السطح، كمية الاسفلت كثيرة، هبوط أوانتفاخ في طبقات الطريق السفلية، وكما هو الحال في التشققات فإن التشوه والالتواء له أشكال عديدة منها:

وكما هو الحال مع اعطال الطريق، فإن أنواع التشوه والالتواء وأسباب نشوءها يجب تحديدها قبل إجراء أي علاج صحيح لها، وتختلف تقنيات الصيانة والإصلاح من تسوية لسطح بملأ التشوه بمادة جديدة إلى الإزالة التامة للبقعة أو المساحة المتأثرة/أواستبدالها بأخرى جديدة تماماً، ومن ظواهرالتشوه والالتواء أو الاعوجاج التالي:

1. الأخاديد/القنوات: هذه هبوطات نتيجة مرور عجلات الشاحنات وحركة السيارات على الطريق الشكل(12- 44).



Channels (ruts)

الشكل رقم(12- 44)، القنوات

اسباب الأخاديد: يمكن أن تنشأ هذه نتيجة للرص والحركة الأفقية الجانبية تحت تأثيرحركة السيرللطبقة أوالطبقات السفلية أوبإزاحة في طبقة سطح الاسفلت نفسها، وممكن أن تنشا ايضاً نتيجةحركة المرور لطبقات الطريق الحديثة غيرالمدموكة جيداً أثناءانشاؤها.

وممكن أن تنشا من حركة الاسفلت اللدنة في الخلطة غير المستقرة فلا تتحمل أوزان الاحمال نتيجة لمرور وحركة السيارات على السطح.

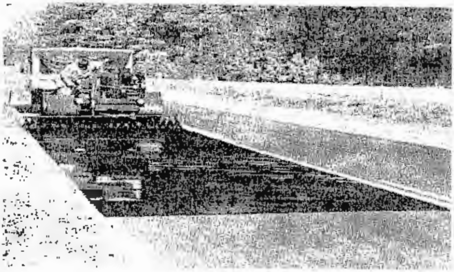
العلاج الصيانة: سوي السطح بتعبأة الأخاديد والقنوات بخلطة أسفلت مصنع ساخنة يليها طبقة خفيفة (وجه) من أسفلت كالتالي:

1. حدد ابعاد القناة/الأخدود بمسطرة أوخيط وارسم ذلك بطباشير أو قلم ملون (الشكل 12- 45).



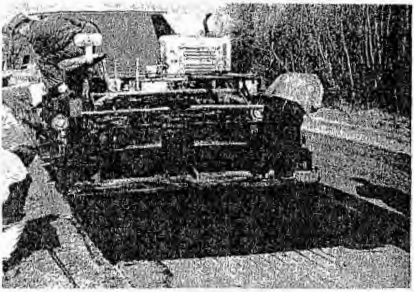
Straightedging and outlining channel
(Photo courtesy North Carolina State Highway Commission)

2. رش وجه لاصق من عيار (0.15 – 5.05) جالون/ياردة مربعة من الاسفلت المستحلب المخفف بالماء بنفس النسبة، والشكل (12- 46).



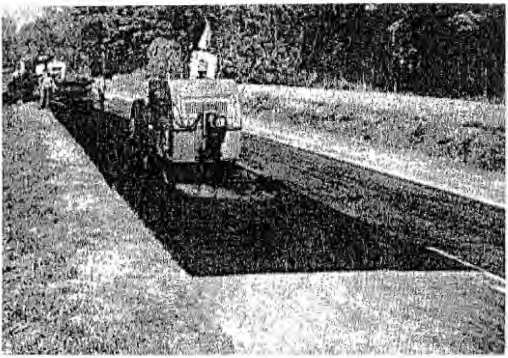
Applying tack coat (Photo courtesy North Carolina State Highway Commission)

3. افرش خلطة اسفلت اسمنتي(صلبة) في الاخدود بواسطة سيارة فراشة الاسفلت، وتأكد من التعشيق والتلاحم عند الحواف، الشكل(12- 47).

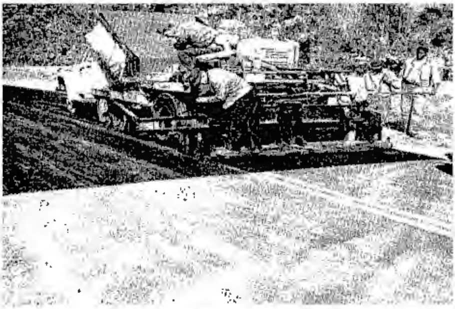


Spreading dense-graded plant-mix (Photo courtesy North Carolina State Highway Commission)

4. ادحل بمدحلة ذات عجلات مطاطية وإن لم تتوفر هذه فاستخدم المدحلة الحديدية الملساء،(شكل 12- 48). .



5. افرش طبقة خفيفة من خلطة المصنع الساخنة(الشكل 12- 49).



Placing thin overlay of hot plant-mix material (*Photo courtesy North Carolina State Highway Commission*)

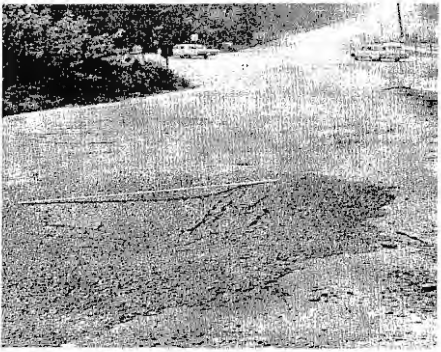
6. أفرش طبقة من الرمل لمنع دخول الرطوبة إلى السطح إذا لم يغطى السطح تماماً بالخلطة او وجه الإسفلت.

التموجات والانجرافات/التدفعات: التموجات عبارة عن التحرك المرن الظاهر خلال سطح الطريق الشكل (2- 50).



Corrugations

والدفع الانحراف هو نوع من التحرك المرن ناتج عن الانتفاضات عبر سطح الطريق والشكل (2- 51) وتحصل هذه الظواهر عند النقاط التي يبدأ عندها حركة السير والنقاط والتي تتوقف عندها حركة السير وحيث يضغط على المكابح على المنحدرات وعند المنحنيات الحادة وحيث يصدم الشاحنات بكتلة ظاهرة من اسفلت الطريق فتعلو وتنخفض تباعاً.



Shoving

الشكل رقم(12- 51)، الانجراف والاندفاع على الطريق

أسباب النمو التدافعات: تحصل هذه الظواهر في الطبقات غير المستقرة للطريق وسبب عدم الاستقرار يعود إلى الخلطة العينة كثيراً بالإسفلت كبيرة من المواد الناعمة، وشكل حبيبات المواد الناعمة يكون مستديراً وناعماً.

أو الخلطة تحتوي على اسفلت اسمنتي لين جداً أو وجود نسبة رطوبة عالية أو التلوث من خلال رش الزيوت على السطح، أو النقص في التهوية عند فرش طبقة الاسفلت اللينة.

العلاج والصيانة: إذا كان من التموج حاصلاً عن أن حصمة الأساس مخلوطة مع طبقة خفيفة فقط من الإسفلت حين معالجتها سابقاً فيفضل ان تكسر هذا الأساس ويخلط مع الإسفلت من جديد ويدمك قبل إعادة طبقة السطح العلوي النهائية، إذا كان سمك التموجات من طبقة أساس ووجه زفتة اقل من (5)سم فيفضل استخدام ماكينة الحف لإزالة هذه الطبقة (الأساس +الزفتة) المعروفة بـ (Heater Planner) ثم يتبع ذلك وجه إغلاق مانع (Seal coat) أو وجه من خلطة المصنع.

الوحدة الثالثة عشر

هندسة المرور

هندسة المرور

(TRAFFIC ENGINEERING)

تعنى هندسة المرور بالاتجاهات ومراقبة حركة السيارات والمارة(المشاة) على الطرق الرئيسية والفرعية، وعليه فإنها تعنى بالتخطيط والتصميم والتشغيل لكل الأجهزةالمساعدة التي تساعد على انسياب حركة السير، وتعنى أيضا بتخطيط الشوارع،الإشارات ،وإشارات المرور،......وتعنى أيضا بتحسين كفاءة النظام باستحداث شوارع فرعية وجانبية وشوارع ذات الاتجاه الواحد ومراقبةاستخدامها.

ومن مسئولية هندسة المرورأيضا هوإنارة جميع أنواع الطرق والشوارع ضمن مخطط المدينة أوالقرية وتقليل الحوادث ما أمكن وعلى هذه الطرق يتجرى أسبابها والقيام بمعالجتها،إيجارمواقف سيارات هو من مسئوليه هندسة المرورحتى يمنع اكتظاظ السيارات والركبات سواء على الطرق الداخلية أوالخارجية أوالفرعية.

علامات سطح الطريق (Pavement markings)

في حقب سالفة استخدمت الخطوط الطباشيرالملونة الطويلة بكثرة لبيان منتصف الطريق إما اليوم فنستخدم الدهانات بألوانها أوعلامات طرق مبينة في جسم الطريق لتحديدمعالمها من جوانبها ووسطها وإطرافها ولبيان ممرات المشاة والاكواع والتقاطعات وإشارات السكك الحديدية التي تقطع الطريق ولمواقف السيارات ولتحديدالسرعات وبيان تقاطعات عندالمدارس والمستشفيات وخلافه من إشارات خدمات، وتختلف النماذج والألوان ولكن اصطلاحاتها الآن اصبحت موحدة الإشارات لجميع الطرق والخدمات كما في الشكل رقم(1).

وتختلف هذه العلامات في طولها وعرضهاحسب أهمية الطريق والغرض من استخدام العلامة، وعادة ما يكون طول هذه العلامة على طريق مزدوج(5)امتار والمسافة بينها وبين العلامة التالية(8) امتار وبعض الوكالات المتخصصة في تخطيط الطرق ترسم هذه العلامة بطول(3)امتار والمسافة بينها وبين العلامة

التالية(5) أمتار وبعضهاترسم العلامات المتصلة المستمرة بعرض(10) سم وأطوال مختلفة.

إما الألوان فيفضل أن تكون بيضاء ولكن بالإمكان استخدام اللون الأصفر وهذا يعتمد على مواصفات دائرة السير في تحديد اللون وأين يستخدم.

وهذه العلامات توضع بطرق ميكانيكية أويدوية أوكليهما معاً حسب الأهمية والمكان.

ويمكن إن تكون هذه العلامات متصلة أومتقطعة، مفردة أومزدوجة وربما تكون كتابة على سطح الطريق أوأسهماً بإشكال مختلفة(مستقيمة أو معوجة).

إشارات جوانب الطرق (signs):

أكثرجهاز متعارف عليه للتحذير،التنظيم، وإعلام السائقين هي الإشارة على جانب الطريق، ويتوجب على السائقين التقيدبهذه الإشارات التي غالباً ما توضع على طول جوانب الطريق وعلى اكواع الطريق وعلى الجسور وعلى مستويات الطريق(الانحدار والصعود)، وهذه الإشارات رسمها وإبعادها وتثبيتهامنوطة بدائرة السيرعلى الطرق.

والجدول رقم (13- 1) التالي يبين شكل ولون وحجم والغرض من استخدام الإشارة في بعض الدول.

الغرض من الإشارة	الشكل	اللون	اقل بعد بالإنش
تحذير من تجمعات	معين	اسود على اصفر	24×24
تقاطع سكة حديد	قرص	اسود على اصفر	قطر 30
ضابط/منظم	مستطيل عامودي	اسود على ابيض	24×18
وقوف	ثماني	اسود على اصفر او ابيض على احمر	30×30 غير حضري/زراعية
	مستطيل عامودي		
		احمر على ابيض او اخضر على ابيض	24×24 حضري
موقف	مستطيل افقي		18×12
		اسود على ابيض او ابيض على اسود	
معلومات	ترس		
		اسود على ابيض	18×12
			18×12
علامات الطريق			

الجدول رقم (13- 1) يبين الغرض من استخدام الإشارة

ويرغب أن تكون الإشارة ذات إبعاد كبيرة نسبيا للسرعة،التجمعات، أماكن التصادم بالخبرة أوالتحذير من الأضواء.

ولا يرغب بالإشارات الكبيرة جداً، والإشارات غالباً ما تصنع من المعدن المدهون ضد الصدأ ومقاوم للماء، وفي بعض الأحيان تستخدم إشارات مصنعة من الخشب المعاكس أوالمضغوط أومن الألواح خشبية.

ويجب إن تكون مثبتات هذه الإشارات جميعها من براغي وصواميل وأعمدة تعليق....... غيرقابلة للصدأ.

ويتوجب إن تكون بعض الإشارات عاكسة ليلاً ليسهل رؤيتها أومضيئة حسب أهمية الإشارة.

فمثلاً إشارة في منطقة غيرحضرية/الزراعية يجب تثبيتها على مسافة (2- 3) امتار من جانب الطريق وعلى ارتفاع عن سطح الطريق لايقل عن (3)امتار.

أما الكتابة على هذه الإشارات إن لزم فيجب إن تكون واضحة ومقروءة جيداً عن بعد(مزج الخط- سماكته- حجمه- المسافات بين الكلمات) ويسري ذلك على الأسهم.

إشارات المرور Signals:

كل الأجهزة العاملة بالطاقة،التوجيه،التحذير للسائقين والدارجين والمشاة تصنف على أنها إشارة مرورية وتركب هذه الأجهزة بطريقة خاصة تمكن من:

تنظيم حركة المرور:

1. تخفيف وتقليل بعض أنواع الحوادث.
2. تساعد في المرور بشكل مستمر عند سرعات مختارة.
3. لضبط السرعة على الطرق السريعة.
4. تقطيع المرورالكثيف لعبور المركبات والمشاة على الطرف الأخر.
5. توجيه المرور لبعض المسارات والطرق.
6. التحذير والتحكم في المرور عند تقاطعات السكك الحديدية، الجسور، أماكن الاكتظاظ.
7. تنظيم حركة المرور.

اشارات المرور عند التقاطعات Signals for Intersection Control

مواصفات وخواص الإشارة: Characteristics of signals

معظم الإشارات الحديثة عند التقاطعات تعمل بالكهرباء، وكل إشارة تتكون من ثلاث عدسات احمر،اصفر، اخضر، قطر كل منها(20)سم أو اكثر، وكلها تضئ من المصدر الكهربائي.

وتضاف بعض الإشارات في بعض الأحيان عند الالتفاف(إشارة التفاف)تتكون من عدسة واحدة وربما تكون مضاءة دائماً أومؤقتاً، وتثبت هذه الإشارات على حوامل عامودية وحوامل أفقية للرؤيا البعيدة، وارتفاع الإشارة على جانب الطريق يتراوح ما بين(2.50- 3.50)متراً فوق سطح الطريق(الرصيف).

والإشارات المعلقة على الطرقات السريعة وحتى الداخلية منها يفضل أن يكون ارتفاع ما بين(4.50- 5.50) متراً.

موقع الإشارة: Signal location

ليس هناك مواقع محددة للإشارات كجداول أوبيانات، ولكن هذا متروك لمهندس المرورالمسئول في تلك المنطقة، وعلى كل يجب إن تكون الإشارة مرئية بوضوح من بعد وارتفاعها وموقعها مناسبين لتسهيل الرؤيا بالنسبة للسيارات أو عابري الطريق.

إنارة الطرق السريعة والشوارع
Street & Highway Illumination & Lightning

من خلال دراسات دائرة السيرلحدوث التصادمات على الطرق وجد إن حوادث الليل تفوق مثيلاتها بالنهار بثلاث أضعاف اعتماداً على إن الرؤيا ليلاً اقل بكثير من ذلك في النهار، ومن هذا المنطلق اتجهت النية إلى إنارة الشوارع والطرق الخارجية والداخلية وبداية التفرعات من الطرق الرئيسية.

مبادئ إنارة الطرق السريعة والشوارع:

حين يبدو الجسم داكناً أكثر من الأصل فان هذا ناتج عن ظل الجسم فإذا كان الجسم فاتح اللون أكثر فان الظل يقل كثيراً.

فإذا كانت شدة الاضاءة المباشرة تعادل – قدم –شمعة على الطرف الأخر المقابل من الطريق للسائق فانه تستطيع الرؤيا ودون وجود الظل.

والهدف الرئيسي من الإنارة هو إيضاح الطريق بحيث لا ترى ظلالاً، وحيث يكون حجم المرور والمارة(المشاة) صغيراً فان معدل سطوع السطح بمقدار 0.2 افقي قدم – شمعة يكون كافياً.

وشدة الضوء يجب زيادتها على الطرق الخارجية ذات الأهمية وعلى التقاطعات، واكبر سطوع تحتاج إليه في الشوارع التجارية وهو بمقدار 1.2 افقيا قدم شمعة.

وللطرق الخارجية حيث يتحكم بالمداخل فإن المستوى المنصوص عليه من قبل AASHO هو 0.6 قدم شمعة.

هذه للطرقات ذات العكس المتوسط(انعكاس)، ولكن إذا ما كان الانعكاس ضعيفا فتزاد الإضاءة بنسبة 50٪ وإذا ما كان الانعكاس ممتازا يمكن إنقاص بنسبة 20٪.

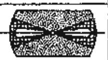
تركيب إنارة الطرق الخارجية Highway lighting Installations

مصدر الإنارة: إنارة الشوارع والطرق الخارجية عادةً ما تكون من نوع نجار الصوديوم أو الفتيلة(السلك) أو نجارالزئبق أومن نوع الفلوريسنت، وتحدث هذه الأنواع إنارة جيدة حتى لو لم يكن اللون واضحاًلعدم اهميته ليلاً، وأكث الأنواع الأربعة شيوعا هو نوع مصباح الفتيلة، السلك فهي تعطي لوناًمريحاً وغيرمكلفة ومتوفرة بأحجام مختلفة تتراوح ما بين (1000- 25000)لومن.

ومـن الناحيـة الأخـرى فهـي تـستهلك طاقـة اكـبر مـن الأنـواع الأخـرى، وتستخدم إنـارة بخار الـصوديوم عنـد نقاط التجمـع حيث تعـود الـسائقون علـى اللـون الأصـفر البرتقـالي ويتميـز هـذا النـوع بالـدوام الطويـل والكفـاءة العاليـة، إما الإنـارة ببخـار الزئبـق فقـد زاد اسـتعماله حاليـاً نظرا لكفاءتـه العاليـة ولـون الإنـارة ابيـضاً مزرقاً مع قليل من الاحمرار.

إما الإنـارة بالفلوريـسنت فتركـب تحـت مـستوى عـين الـسائق علـى جوانـب الطريـق لتوفر إنـارة مـستمرة وأحيانامـا يـستخدم هـذا النـوع لإنـارة الإنفـاق وممـرات المشاة السفلية، ولتأثر إنارة الشوارع بنوع الإنارة وارتفاعها عن سطح الطريق والمسافة بـين أعمـدة الإنـارة، والجـدول رقـم(13- 2) يـبين نـوع ووصـف ونمـوذج واسـتخدام الإنارات المختلفة.

الجدول رقم (13- 2) يبين انواع إنارة وإضاءة الشوارع والطرق السريعة

Type	General Description	Pattern of Light Distribution	Typical Applications
I	2-way (or 4-way) light distribution		For mounting over center of street or (4-way) in the center of intersections
II	Narrow asymmetric (bilateral) distribution (2-way or 4-way)		For mounting on one side of a relatively narrow roadway or (4-way) at one corner of a right-angle intersection
III	Medium-width asymmetric lateral distribution		Wide-spread beam for mounting on one side of wider roadways
IV	Wide asymmetric lateral distribution		For side of road mountings
V	Symmetrical distribution		For mounting near the center of roadway or at intersections

Types of luminaires employed for street and highway lighting

مواقف السيارات (PARKING):

ازدياد أعداد السيارات سبب نشوء مشكله في أيجاد المواقف في المناطق الحضرية، فوقوف السيارات في الشوارع يعطل حركة السير في تلك المنطقة وحتى صعوبة تنظيف الشوارع ولذلك اجبر أصحاب المحلات التجارية والشوارع ذات الاكتظاظ بالسيارات على إيجاد مواقف السيارات في بناياتهم لإبقاء الحركة التجارية في تناغم تام، ويلاحظ اكتظاظ السيارات في وسط المدينة دائماً حيث تكتظ بعدد كبير من الناس الذين يؤمون هذه المدينة من الخارج ومن المدينة نفسها لتصريف أمورهم المعيشة والحياتية.

ومن الحلول المقترحة لتخفيف ازدحام السيارات في قلب المدينة تخفيف الحركة التجارية في وسط المدينة بنقل بعض المتاجر والمحلات إلى مناطق أبعد وكذلك إيجاد مواقف كبيرة للسيارات قبل دخول المنطقة التجارية والسير على الأقدام فيها بدلاً من التنقل بالسيارات، مع إن هذا يسبب خسائر اقتصادية إلا أن هذا الحل مريح للتنقل ومراقبة الحركة.

الوقوف (الموقف) على جانب الطريق:(On Street Parking):

الشكل(6) يبين المساحات اللازمة للوقوف والمناورة للوقوف في هذه المساحات،

انواع الوقوف:

1. أن يكون متوازياً مع حجر الاطاريف (موازٍ لحافة الشارع طولياً).
2. أن يكون متعامداً مع حجر الاطاريف.
3. أن يكون مائلاً بزاوية (قطريا) بزاوية °45 أو °60.

ومن حسنات الوقوف الموازأن لا يسبب تعطيلاً لحركة المرور ويقلل حوادث المرور.

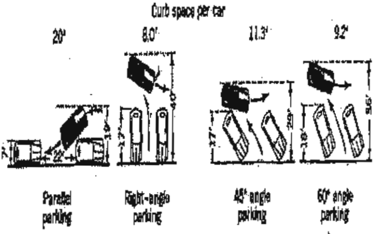
إما سيئاته فانه يحتاج إلى مساحات أوسع للوقوف، وعدد السيارات أقل وسعة الشارع تنخفض ويوصى بإستخدام هذا النوع حين يكون اتساع الشارع لايقل عن (25)متراً.

وفي المناطق المكتظة كوسط المدينة فإن عرض الرصيف يكون أقل من المعتاد لإستيعاب حركة السيارات ولحجز أماكن لتحميل والتنزيل في هذه الأماكن.

وفي بعض الأحيان تغلق الشوارع الفرعية المؤدية إلى وسط المدينة لمنع تجمع إعداد كبيرة من السيارات في وسط المدينة خاصة في الصباح والمساء (Rush hours)

وفي بعض الأحيان أيضاً تستخدم عدادات الوقوف(أي تقف السيارة لفترة محدودة لقاء مبلغ من المال في هذا المكان ثم تخرج) ولكن هذه العدادات قد سببت حرجاً لأصحاب المتاجر وقللت من دخولهم(خسارة أقتصادية).

والشكل رقم(13- 1) يبين المساحة اللازمة للوقوف والمناورة للدخول وخروج المركبة.



Street space required to park and maneuver automobiles

شكل رقم(13- 1)، المسافة المطلوبة للوقوف والمناورة

الوقوف(المواقف)خارج حرم الشارع (OFF Street Parking):

تتراوح المساحة الإجمالية اللازمة لكل سيارة في موقف سيارات أو كراج ما بين(225- 300) قدم مربع.

وفي العموم فتعتمد هذه المساحة على وجودمرشدين للوقوف،حينما يتواجد المرشد تكون المساحة المطلوبة أقل، وكذلك تعتمد على مساحة البناء، وموقع البناء(مداخل ومخارج البناء) وارتفاع البناء(عددالطوابق)، وللمناطق التجارية الكبيرة(المولات مثلاً) فان المساحة الإجمالية للكراجات إجمالاً تزيد بواقع (2.50- 3.0) مرات.

واختيار نوع المواقف وتجهيزاتها في موقع ما هو مهمة اقتصادية، فثمن الأرض والمبنى والملحقات وعمرالإدامة للمبنى وكلفة التشغيل والصيانة والضرائب يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار لعمل التصميم المناسب.

ومن أنواع المواقف الخارجية:

مواقف الساحات(Parking Lote): موقعه خارج الشارع وتقسم المساحة بواسطة حجر رصيف أومصدات أرضية وأرضيته من الخرسانة أو من الاسلفت غالباً.

ويخطط لخانات الوقوف(عامودي أوبزاوية) والمداخل والمخارج، ويلجأ إلى نوع هذه المواقف حينما تكون كلفة وثمن الأرض رخيصة نسبياً.

مواقف الطوابق المتعددة (Multistory Parking Buildings):

هذه مواقف على أسطح الطوابق ليس بينها فواطع أوجدار اسقفها واطئة وتتصل بمداخل ومخارج حلزونية(لفات) منحدرة بنسبة ميل(1:10)صعوداً او نزولاً (Ramp) وتنشا هذه المواقف في المدن الكبيرة ذات الأكتظاظ السكاني الكبير وحيث ارتفاع إثمان الأراضي وتحدد عددالطوابق غالباً بخمسة طوابق فإذا زادت عن ذلك،

فيتوجب وجود مجموعة مؤهلة من المرشدين يقومون هم بقيادة هذه السيارات إلى الطوابق العليا وإعطاء البيانات لصاحب السيارة أن لزم، وهذا يوفر الوقت وترتيب السيارات بشكل يضمن استيعاب اكبر عدد منها، ولكن هذا يزيد الكلفة ويؤثر على الحالة النفسية ربما لصاحب السيارة.

مواقف تحت الأرض (Under Ground Parking Garages)

كلفة هذه المواقف تكون اكبر منها للمواقف فوق سطح الأرض وتتسع هذه المواقف التي تكون غالباً في مناطق تجارية إلى أكثر من (1000) سيارة وتحتاج هذه المواقف إلى خدمات تحتية وإنشاءات ضخمة (كونها تحت مستوى التربية) وصيانة جيدة.

مواقف ميكانيكية (Mechanical Parking Garages):

تستخدم هذه المواقف المصاعد الضخمة التي توصلها للمستوى المطلوب أفقياً وعمودياً، وهذا النوع يحتاج إلى عمالة اقل حيث يحتاج كل مصعد إلى عامل واحد فقط.

تصل السيارة إلى الموقف إما بواسطة سائقها الذي يصعد مع سيارته في المصعد وعند الوصول يفتح باب المصعد ويسوق السيارة صاحبها إلى المكان المطلوب أو توضع السيارة دون صاحبها في المصعد وينقلها المصعد إلى المستوى المطلوب ثم يفتح باب المصعد وتنقل السيارة أفقياً إلى المكان المطلوب وكل هذا يتم أوتوماتيكياً.

وحسنة هذا النوع من المواقف انه اكثر اتساعا بما يزيد على (20)٪ من المواقف متعددة الطوابق ولا يحتاج إلى منحدرات (Ramps) ويمكن استخدام في المساحات الضيقة وإمكانية زيادة عدد الطوابق للمواقف.

ومن سيئاته إنه يحتاج إلى صيانة مكثفة دائماً، وكذلك خطورة توقف المصعد وحجزا لسيارات حتى يتم تصليحه وإنزال وإخراج هذه السيارات.

مواقف الباصات والشاحنات:(Trucks &Bus Terminals):

في بعض المدن الكبيرة يتغلب على الأزدحام في المناطق التجارية والصناعية بتوفير مواقف خاصة خارج الشارع للشاحنات والباصات ولكنها قريبة من المناطق ثم يتم نقل الركاب في حافلات خاصة مهيئة إلى مناطق تجمع هذه المجمعات التجارية والصناعية.

موقف الأبنية السكنية:(Residential Parks):

في البنايات الداخلة ضمن حرم أمانة عمان الكبرى يتوجب وحسب النظام إن كل بناية يجب أن يتوفر فيها كراجات ومواقف لخدمة قاطنيها، وخاصة في مباني الشقق السكنية التي تنص فيها القوانين على تخصيص أرضية سطح طابق كامل ككراجات ومواقف للشقق، إما الشقق السكنية الأهلية غير التجارية فيتم تخصيص مواقف للسيارات حسب نوع التنظيم لذلك المبنى بمعنى أن:

سكن تنظيم (أ) ،(ب) فيتوجب أن يكون لكل شقة كراج واحد.

سكن تنظيم (ج) فلكل شقتين كراج واحد.

مواقف بالأجرة:(Rent a park):

هذه مواقف خارج حرم الشارع لأشخاص يجهزون متسعاً من الأرض ويجهزونه لإستقبال سيارات مقابل أجرة يومية أوشهرية وغالباً ما تكون هذه المواقع محاذية تقريباً للمحلات التجارية والأسواق وتدر دخلاً جيداً على أصحابها، وتحل مشكلة التوقف في نفس الوقت للتسوق وإيقاف السيارة.

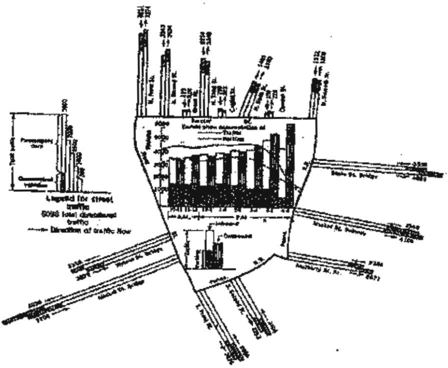
مسح الموقف PARKING SURVEY:

للحصول على أي معلومات دقيقة حول احتياجات ومتطلبات المواقف في المناطق الرئيسية يتطلب مسحاً شاملاً جدياً من خلال ثلاث محاور:

1. تجميع وتدقيق المعلومات حول المواقف: من حيث الموقع، النوع، السعة، الملكية – التشغيل وغيرهامن المعلومات.
2. مقابلات شخصيةحول المواقف: لتحديدالإستفادة من الخدمات القائمة منها والمتطلبات المستقبلية، وتمتدالمقابلات اسابيع لتغطية منطقة المواقف في خلال ساعات العمل ليوم الواحد، وتشمل الرخص مصادره وأرقامها، نوع المركبة، وقت الوصول والمغادرة ونوع وموقع الموقف الذي استخدم، ويسأول السائقون عن عناوين منازلهم، مكان الإنطلاق الأصلي، الغرض من الرحلة والوجهة التي يقصدونها في هذه الرحلة، وكذلك عدد السيارات في المناطق الجانبية.
3. يحددعددالسيارات التي تدخل المنطقة من جميع الشوارع وتخرج منها خلال ساعات النهار كاملة بالإستعانة بالعداليدوي مبيناً أنواع وأرقام السيارات.

تحليل المعلومات: وتحلل المعلومات التي حصل عليهامن الميدان بإستخدام الكمبيوتر وعلى أي حال فإن تحليل المقابلات التي أجريت في المواقف، وغيرها وتسريعها وتحديث المعلومات فيها بواسطةجداول التصنيف والفرز والجمع،ومن خلال تحليل المعلومات يمكن التعرف على حركة السيارات واستكشاف أفضل المواقع والسعات لإضافة الخدمات للمواقف.

الشكل رقم(13- 2،13- 3) يبين مجموعتين من النماذج التي تبرمج المعلومات إلى نموذج يمكن التعامل معه.



Entering, leaving, and parked vehicles in the central business district of a city of 176,000 population. Parking and traffic data cover a weekday between 10 A.M. and 6 P.M. (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم(13- 2)

مداخل ومخارج السيارات في منطقة تجارية ويبين مواقف السيارات ايضاً

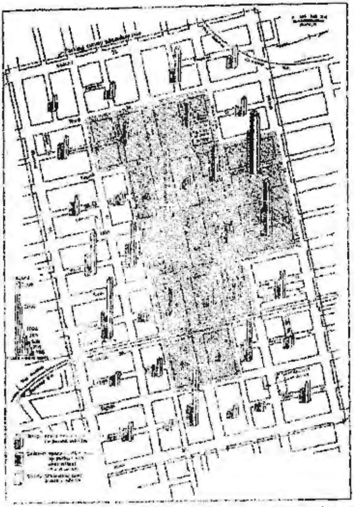


Diagram showing supply, usage, and demand for parking in various sections of the business district of a city of 175,000 population. Data covers an average weekday between 10 a.m. and 2 p.m. (Courtesy U.S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم(13- 3) يبين استخدام والطلب على المواقف في مناطق مختلفة من المنطقة التجارية

التنبؤ لمتطلبات المواقف في جميع القطاعات هو الجزء الأهم من هذا التحليل، والمتطلب الفوري هو الوقوف الصحيح وغير الصحيح في المنطقة، المناطق الهامشية وتقدير المواقف الإضافية يمكن أن تعطي الراحة للمواقف، المتطلبات المستقبلية تقاس من تنبؤات المرور والنمو التجاري.

ويجب التعاون التام بين الناس والقائمين على هذا المسح وكذلك تعاون أجهزة الإعلام — الصحف، الراديو والتلفزيون لإمكان الوصول إلى دراسة مفيدة للتخطيط المستقبلي ولحل الازمة القائمة للمواقف.

التقاطعات وانواعها Intersections & Types:

التقاطع هي المساحة التي يلتقي عندها وفيها أكثر من طريق أن كان على نفس الارتفاع أو على ارتفاعات مختلفة، وتشتمل أيضاً بالإضافة إلى المساحة المخصصة لحركة السيارات مساحات مخصصة للمشاه، الجزر وتتناسب هذه التقاطعات في المساحة مع سرعات السيارات ونوع المسارات ووجود موقع هذه التقاطعات.

انواع التقاطعات:

أغلب الطرق تتقاطع على مستوى واحد بحيث تكون مساحة التقاطع هي جزء من الطرق، وعلى هذه المساحة يجب أن تحصل جميع حركات الالتفافات والتقاطعات والشكل يبين تقاطعات نموذجية على مستوى واحدمتدرجة من المستوى البسيط إلى المستوى المعقد.

فالشكل(13 - 5/أ) يبين تصميم ابسط التقاطعات فالطريق تمتد إلى الخارج لتقابل حواف قوساً دائرياً يربط حواف الطريق على الترتيب ليسهل حركة السيارات إلى اليمين، والتقاطعات الطرق ذات كثافة السيرالقليلة لا داعي لمعالجة إضافية مع وجود اشارات ضوئية ومراقبة مرورية.

وعلى أي حال فحسب أهمية المسري أوالمسارب يزاد بعض اشكال المسارات والمسارب إلى التصميم الأصلي، فمثلاً، الشكل (13- 5/ب)، يبين التقاطع تقاطع الشوارع الـ [illegible] (Cross street) مع الخط المسري المفهوم [illegible] استخدمت الأدوات الإضافية التالية: خط التسارع ومسار خفض التسارع لتفريغ

مسرب السرعة لكلا الاتجاه الأيمن والاتجاه الأيسر للمركبات،جزر وسطية لتحديد المسار، جزر للمشاة، خطوط مسار المشاة.

واحصاء المركبات بدقة والتقدير للمستقبل شاملاً البيانات لأي حركة التفافية يساعد كثيراً في تصميم التقاطعات.

والمعلومات المرورية متزامنة مع معرفة استيعاب المسارات يقود إلى اتخاذ قرارات بعدد المسارات اللازمة.

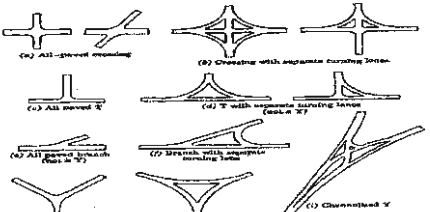
والسرعة التي عندها تقترب المركبة أو تتحرك خلال التقاطع ستتحكم في الأبعاد خاصة مسافة الرؤيا في جميع الاتجاهات وقطر المنحنيات وكذلك الحاجة إلى إشارات ضوئية حالية أومستقبلية سيتحكم أيضاً في أشكال التصميم عند تخطيط التقاطعات، يجب الأخذ بعين الاعتبار خصائص السواقين والمركبات واحتماليات حوادث الصدم وتكراراتها وشدتها، ويجب إرشاد السائقين إلى المسارات الصحيحة ومنعهم من عمل أخطاء غيرمحسوبة.

وأن من المهم تقليل المساحات الفارغة للهروب ما أمكن بإستخدام الجزر الموجهة التي تحدد المسار مباشرة، والطريق والجزر التي تزود الاتجاه عند انقسام جموع السيارات يجب أن تقود إلى الدخول بزاوية سهلة صغيرة، وأن لمن المفضل استخدام جزيرة كبيرة عوضاً عن عدة جزر صغيرة،حيث أن الجزيرة الكبيرة لا تحير السائقين أثناء قيادة مركباتهم.

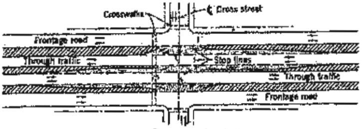
وأغلب التقاطعات الهامة يجب أن تتسع للشاحنات الكبيرة وقطر المنحنيات يجب أن يكون طويلاً لذلك، والحافة الداخلية لإنحناءة(90) عندتقاطع سرعة بطيئة فإن AASHO توصي باستخدام ثلاثة مراكز للمنحنى المركب مع اقطار (120، 38، 120) قدم على الترتيب.

وفي بعض الأحيان فإن دراسة لتدفق الشاحنات تشير إلى وجود فئة قليلة فقط من الشاحنات تدور بشكل صحيح عند تقاطع معين، فإذا كانت هذه الاستدارة ستعقد التصميم أو تزيد الازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الاحتياط للإستدارة ستعقد التصميم أو تزيد الازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الأحتياط للاستدارة من مكان آخر، فمثلاًمركبة ترغب بالالتفاف يساراً كثيراً ما توجه إلى اليمين كلياً حول القطعة المجاورة ثم الدخول إلى التقاطع مع اتجاه السيارات العادي.

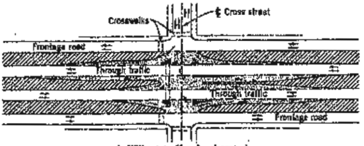
وتختبر بعض تصاميم التقاطعات المعقدة بالأستخدام الحقيقي وفي هذه الأحوال فإنه من السائد وضع جزر لتحديد القنوات من أكياس الرمل التي ممكن إزاحتها بسهولة، ورش الرمل على طول الطريق معناه تحديد مسار السيارات، وبعد الموافقة على التصميم يباشر بتثبيت التقاطعات والجزر كما الواقع، والشكل رقم (13- 4)، (13- 5) يبين ذلك



الشكل رقم(13- 4) يبين انواع التقاطعات



a. With traffic-signal control



b. Without traffic-signal control

Typical intersection at grade between an expressway with frontage roads and a cross street

الشكل رقم(13- 5) يبين التقاطعات على الطرق الخارجية

التقاطعات الدوارة Rotary Intersections:

التقاطع الدوار هو التقاطع الذي تدخل فيه جميع المركبات من اتجاه واحد وتخرج من اتجاه واحدحول جزيرة وسطية.

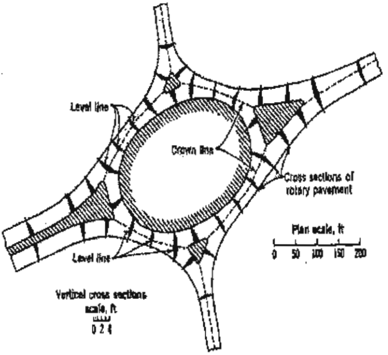
قل استخدام مثل هذه التقاطعات حالياً وذلك للحاجة لمساحة كبيرة للتقاطع والحاجة إلى إرشادات كثيرة على التقاطع وربما الحاجة إلى إشارات ضوئية في بعض الأحيان.

ومن فوائدمثل هذا التقاطع:

1. سهولة الالتفاف إلى اليمين أواليسار.
2. تنظيم حركة السير وعدم التوقف إلا إذا استخدمت إشارات ضوئية.

3. كلفة اقل من باقي أنواع التقاطعات.
4. يستخدم في المناطق التي فيها كثافة سير عالية.

والشكل رقم (13- 6) يبين هذا التقاطع



Plan of a typical rotary intersection (Courtesy American Association of State Highway Officials)

التقاطعات المنفصلة Grade Separation

عندتقاطع طريق سريع مع اخر بنفس المستوى فإن السعة تنخفض عنها للتقاطعات علاوة على تخفيض سرعة السيارات أوحتى توقفها للسماح للقطع والانعطاف مع وجوداختناق مروري وربما تصادمات على هذه الطرق.

لحل هذه المشكلة يستخدم ما يسمى بـ التقاطع المنفصل،حيث تزداد سعة المرورعلى المسارب وتستطيع الحافلات السيريسرعات منتظمة تقلل الوقت وكلفة التشغيل وتحد تماماًمن التصادمات.

في نفس الوقت تزداد المنشآت وتكلفة الصيانة وعليه فلا يستخدم هذا النوع إلا إذا كان هناك تدفق كبير جداً للسير على الطرقات.

واحتياطات التقاطع المنفصل ما بين الطريق السريع والشوارع العادية المختارة لتحمل المرورعبرها سهلة نسبيا باستخدام الجسور وترتيبات الدخول والخروج السهل بين تقاطع الشوارع وسطح الأرض أوالطرق الحرة السريعة المنخفضة ليست صعباً إذا والشكل(34) يوضح ذلك، وكقاعدة فإن الطرق السريعة المرتفعة تشكل صعوبة زائدة.

وحيث أن أقل ارتفاع فوق طريق سريع هو(4.5) متر فإن مستخدمي التقاطع يجب عليهم استخدام درج مرتفعاً بـ(5) أمتار ولكن باستخدام التقاطعات السفلية فإن الارتفاع يبلغ قرابة(3) أمتار.

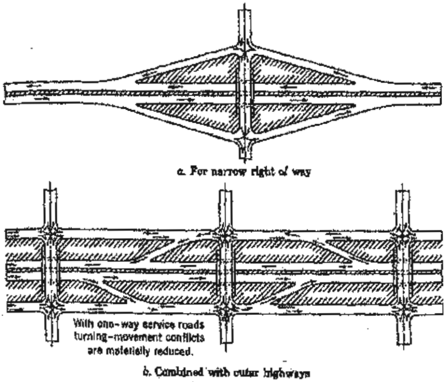
وأكثرالتقاطعات استخداماً هو نوع تقاطع ورقة البرسيم (Clover leaf) كما في الشكل(35- d)، وفيه يكون التقاطعات الشريانية منفصلة وكل الثماني (8) انحناءات سهلةخالية من التقاطعات حيث تمر السيارات.

ومن حسنات هذه التقاطعات:

- زيادة سعة السيربشكل ملحوظ.
- عدم تخفيض السرعات عندالمنعطف يميناً أويساراً.
- زيادة الأمان اثناء السير على المنعطفات.

ومن سيئاته:

- زيادة كلفة الإنشاء.
- احتياج مساحات واسعة من الأراضي.
- يمكن أن يسبب تشويشاً على ذهن السائق لتعقيدالتقاطع.



Plans of typical depressed freeways, showing arrangements for access and egress (Courtesy American Association of State Highway Officials)

الشكل رقم(13- 7) يبين تقاطعات مبين عليها المداخل والمخارج

هندسة الطرق

هندسة الطرق

تأليف

المهندس

أحمد حسين أبو عودة

الطبعة الأولى

2014م – 1435هـ

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2010/6/2027)

625.7

ابو عودة، أحمد حسين

هندسة الطرق/ أحمد حسين ابو عودة.- عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع.2010

( ) ص

ر.أ. : 2010/6/2027

الواصفات: هندسة الطرق// الطرق الرئيسية// انشاء الطرق

• يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة العربية الأولى

2014م – 1435هـ

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة –

مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-525-68-2 (ردمك)

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة الاولى	
المقدمة	

الموضوع	الصفحة

الوحدة الخامسة

اخيتار مسار الطريق

الوحدة السادسة

التصميم الافقي والرأسي للطريق

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

الموضوع	الصفحة

الوحدة الثامنة

تصريف المياه عن سطح الطريق

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الوحدة الاولى

المقدمة

المقدمة:

هندسة الطرق مستعمل الطريق – المركبة – الطريق:

إن الدرجة التي يعتمدعليها اقتصادنا على الطرق غيرمعروفة بدقة وعلى الأغلب فإن $\left(\frac{4}{5}\right)$ التكاليف الكلية لنقل الأشخاص تعرف لشراء وتشغيل السيارات الخاصة، وأن $\left(\frac{3}{4}\right)$ المسافة المقطوعة بواسطة الركاب أستخدمت السيارات الخاصة، وفي اليوم العادي $\left(\frac{3}{4}\right)$ السيارات تستخدم في الاتصال وقضاءالحاجات والتسوق، فالشاحنات هي التي تنقل البضائع غالباً، ويبلغ عددها $\left(\frac{1}{6}\right)$ عدد السيارات التي تستخدم الطريق وهذه الشاحنات تنقل في مجموع ما يعادل(60٪) من حاجيات الناس ويتم النقل عادة براً أو بحراً جواً، أو عن طريق السكك الحديدية، وباستخدام السيارات وحرية التنقل بها فقدازدادت الإعداد إزدياداً كبيراً مما أدى في المساعدة على نشوء مجتمعات محلية خارج المدينة الأم(العاصمة) أوالمدن الهامة.

وكذلك فالمصانع قدانتشرت وكبرت والأعمال قدتوسعت مما أدى في الحصيلة إلى تغير واضح في أساليب الحياة والمعيشة.

والمواصلات وأساليب النقل قدساعدت في نهوض الحركةالزراعيةحيث كان المزارعون يلاقون صعوبات كبيرة في نقل بضائعهم الزراعية إلى الأسواق في مختلف أنحاءالقطر، نقل الطلاب إلى مدارسهم في مختلف المناحي والأرجاء وإلى مختلف أنواع المدارس الصناعية والزراعية والتجارية وغيرها، فالمواصلات قد أحدثت نقله نوعية في جميع مناحي الحياةالاقتصادية والحياتية والمعيشية والصناعية والزراعية والسياحية،.... فالنقل على الطريق السريعة ليست كمثيلاتها للسكك الحديدية فهي ليست تحت سلطة إدارية موحدة، فقد أمتلك الأشخاص هذه المركبات وشغلوها، فالسائقون لهم الخيار في إختبار الوقت والخط والسرعة وهم يخضعون

فقط للتعليمات التي تؤمن سلامتهم وحياتهم، وبالمقابل فالحكومة في أولوياتها تشيد هذه الطرق وتشغيلها وصيانتها التي ينتقل عليها المسافرون والبضائع وغيره، وهذه الطرق تكلف الدولة $\frac{1}{10}$ موازنتها غالباً، ولذلك فعلى المهندسين ومتخذي القرارات من دراسة تشييد وصيانة هذه الطرق بأقل كلفة ممكنة مستخدمين كل الوسائل والمبادئ من حيث المسح الأرضي والجوي وجمع المعلومات من دائرة السير والمختصين وتصميم الطرق بجميع متطلباتهامن انحدارات ومسارب ومستويات ومنحنيات وحواجز وأشارات وعبارات وأرصفة ودراسةموادالأنشاء المطلوبة وكذلك يتوجب تنظيم العلاقة بين السيارة والطريق ومستعمل الطريق باستصدار القوانين اللازمة.

والطريق بحاجة دائماًللدراسة والتطوير وإجراء المسوحات وغيرها وتصميم الرصفات الجيدة، لتكون قادرة على تحمل أوزان السيارات بأصنافها المختلفة، وكذلك أنشاءالجسور والسيارات وما إلى ذلك.

فالعلم الذي يشمل تصميم وأنشاء وصيانة الطرق يسمى هندسة الطرق (Highway Engnieing) والعلم الذي يشمل تنظيم السير على الطرق يسمى علم هندسة المرور (Traffic Engnecning) ومن الخطوات المتبعة تصميم الطريق:

- تحديد نوع المركبات وحمولاتها وعددها ودراسة حركة السيرليلاً ونهاراً وفي الأسبوع والأشهر والسنة.
- تحديد العمر التشغيلي للطريق والذي يتراوح ما بين(15- 20) سنة وحساب العدد المتوقع من المركبات، فالعدد المتوقع = العدد عند فتح الطريق(1 +٪ للزيادة السنوية المفترضة).
- تحديد السرعات التصميمية على الطرق وكيفية قياسها واستخدامها في التصميم لإختيار السرعة المناسبة على الطريق.
- تحديد درجة الطريق وعدد مساربها وعرضها ومنحنياتها وميلاناتها.

- استخدام الصور الجوية والمخططات الطبوغرافية للمنطقة المراد فتح الطريق فيها.
- وضع خطوط المضلعات المفتوحة.
- دراسة الخطوط ووضع النقاط عليها وتعديلها التناسب مع طبيعة الأرض المراد أقامة الطريقَ عليها، من المساحات المختلفة وعمل القطاعات الطولية والعرضية و.........
- رسم المخططات الكتنورية وإجراء تعديلات نهائية على الخطوط أعلاه.
- رسم المنحنيات بين الخطوط.
- تثبيت خط الطريق النهائي.
- أخذ ميزانية طولية وعرضية دقيقة على مسار الخط النهائي.
- إجراء التصميم الرأسي للطريق وتصميم مقاطع الطريق، وتصميم المنشآت الإضافية اللازمة.
- فحص المواد التي سيتم استخدامها لإنشاء الطريق.
- تصميم المقاطع العرضية وتحديد عدد المسارب والجزر والاكتاف وما يلزم الطريق.
- حساب كميات الردم والقطع وحساب الكميات من(Mass Hall Diagram).
- تصميم رصفة الطريق وتحديد أنواع وسماكات الرصفات.
- تصميم التقاطعات على الطريق أن لزم.
- تخطيط الطريق وما يلزم من أشارات مرور وعلامات مرور إرشادية والإنارة وتوزيعها.
- تحديد أماكن الجزر وفتحاتها والأقنية والحواجز الجانبية.
- دراسة جدوى الأقتصادية للطريق.
- دراسة خصائص المركبات المارة على الطرق من حيث أحمالها واطوالها وعدد محاورها وعجلاتها وسرعاتها......

الوحدة الثانية

أنظمة النقل

Transportation Systems

أنظمة النقل
Transportation Systems

أنظمة النقل متنوعة منها:

- النقل البري بالسيارات والشاحنات.
- النقل البحري والنهري بالسفن والقاطرات النهرية.
- النقل بواسطة السكك الحديدية بالقطارات (شحن وركاب).
- النقل بواسطة الأنابيب.
- النقل الجوي والشحن بالطائرات.

ولكل نظام من هذه الأنظمة مستلزماته من حيث الدراسة والتصميم مع بعض الاختلافات في التطبيق، وأهم ما في هذه الأنظمة هو توفير المال اللازم لإنشاء البنية التحتية أولاً ثم شراء الآليات بأنواعها المختلفة ولأعمال الصيانة.

ففي النقل البري مثلاً تحتاج إلى مسح طبوغرافي وجوي ثم دراسة ثم الاستملاكات أن لزم دراسة الجدوى ثم التصميم والتنفيذ والصيانة بعد ذلك وهكذا لكل نوع من أنواع أنظمة النقل.

وتقسم أنظمة النقل بالنسبة إلى:

- مجال التشغيل: داخلي وخارجي.
- مجار المسار: مائي – بري – مشترك.
- القوى المحركة: بشري – قوى الطبيعة – كهرباء – مشتقات البترول.
- نوعية الخامة: ركاب – بضائع أو كليهما.
- طبيعة الخام النقل: خاص – عام.

أنواع الطرق:

تقسم الطرق إلى أنواع عديدةحسب أهميتها واستعمالاتها وسعتها، فمنها:

- الطرق السريعة: التي تربط ما بين الأقطار وكذلك المدن الكبيرة مثل العواصم.
- الطرق الرئيسي: وهي التي تربط المدن الخارجية بالعاصمة.
- الطريق الثانوي/الفرعي: وهو الذي يصل بين المدن الصغيرة.
- الطريق الدائري: وهو طريق محلي يلتف حول المدينة.
- الطريق الزراعي: وهو يربط القرى ببعضها البعض.
- الطريق السياحي: يربط القرى والمدن بالمناطق السياحية.

وتصنف الطرق أيضاً بالنسبة للمسارب:

طريقة ذومسرب واحد: يربط القرى ببعضها والمناطق قليلة التعداد.

طريقة ذومسربين: وهو طريق ذو اتجاهين يمكن أن يكون مفصولاً بجزيرة أو خندق أوغيرمفصول ولايتجاوز عرض المسرب الواحدالمزفت عن(4)م ويشكل هذا النوع السمة الغالبة للطرق في منطقتنا ويجب أن يتوفر فيه مسافة رؤيا واضحة بحيث يوفرحركة التجاوز بحرية أكثر وعادة ما يتوفر على هذه الطرق عناصر الأمان والإرشادات التحذيرية الواضحة.

وفي المناطق التي تسير عليها شاحنات بكثرة يوسع عرض الطري بمسرب إضافي يسمى مسرب التسلق (Climbing lame)، تلجأ إليه الشاحنات حينما تكون سرعاتهابطيئة فتعطل حركة السيارات الأخرى وتسبب الإزدحام ويمكن السيارات الأخرى من التجاوز بسهولة.

طريق ذي ثلاثة مسارب: حيث تكون كثافة السير عالية لا يتسعها الطريق ذو المسربين فيلجأ إلى هذا النوع من الطرق.

طريق ذي أربعة مسارب: وتستخدم في الطرق الخارجية غالباً وللطرق ذات السرعات العاليةحيث يمكن التجاوز بسهولة وتتسع لأكبر عدد من السيارات وغالباً للطريق ذو الثلاث مسارب أوالأربعة ما يوجدجزر أوحواجز وفتحات للالتفات على مسافات وعلامات وخطوط على هذه الطرق.

وتصنف الطرق أيضاًحسب التصميم:

- **طريقة الدرجة الأولى:** تمتاز باتساع منحنياتها وعرض وعدد مساربها وقليلة الميل واكتافها عريضه وهذه غالباًما تكون السرعات عليها عالية.
- **طريقة الدرجة الثانية:** المنحنيات أقل أتساعاً وعرضا وعددمساربها أقل وانحداراتها أكبر والسرعات عليها أقل من الدرجة الأولى السعة الكاملة بإتجاه واحد(2000) مركبة/الساعة أو1000 مركبة/الساعة باتجاهين.
- **طريقة الدرجةالثالثة والرابعة:** ففيهاانحناءات كثيرة ولا تراعى فيها السعة، وعدد مساربها أقل والسرعان عليها متوسطة وقليلة وسعة المسرب الواحد(2000) مافر/ساعة.
- **الطرق السريعة (Highways Roads):** تتميز هذه الطرق بـ:

أ. الوصول إلى الطريق أن كان سهلاً أوصعباً دخولاً وخروجاً من نقاط محددة.

ب. يمنع قطع والمرور من هذه الطرق وتبنى الحواجز للحفاظ على ذلك.

ج. لتبني التقاطعات للمحافظة على السرعة على هذه الطرق.

د. يبني عليها مداخل ومخارج خاصة من وإلى الطريق بحيث لا تؤثر على حركة السير على الطريق،

ومن أنواع هذه الطرق:

- طرق محددة الوصول: تحتاج إلى مسارب تسارع وتبطؤ وتقاطعات متبادلة ومفصولة.
- طرق محددة الوصول بشكل جزئي مع وجود طرق جانبية للربط.
- طرق مفتوحة وبطيئة السرعة.

مما سبق يتوجب دراسة أنسب الوسائل بالنسبة للمرافق الاقتصادية وتحديد احتياجات هذه المرافق من وسائل نقل مختلفة ثم تشجيع الوسيلة المناسبة وتطويرها في كل حالة مع التنسيق بين هذه الوسائل ولذلك لا بد من دراسة ما يلي:

أ. دراسة خصائص وسائط النقل الداخلية.

ب. التنسيق بين وسائط النقل الداخلي والخارجي.

ج. متطلبات الزراعة من حيث موسمية الإنتاج الزراعي ومتطلبات النقل وكذلك قل الثروة الحيواني.

الوحدة الثالثة

المركبة على المنحنيات

التعلية وقوة الطرد المركزية:

(Super elevation) & (Centnfagal free)

حينما تسير السيارة على منحنى أفقي تبقى السيارة على هذا المنحنى بواسطة الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق ومجموع قوى الاحتكاك (F_R, F_L)، في الشكل (1- 3) تساوي القوة الطاردة المركزية $\frac{W_{v^2}}{gR}$ وإذا استخدمنا معامل الاحتكاك t والقوى العمودية بين العجلات وسطح الطريق فتصبح العلاقة:

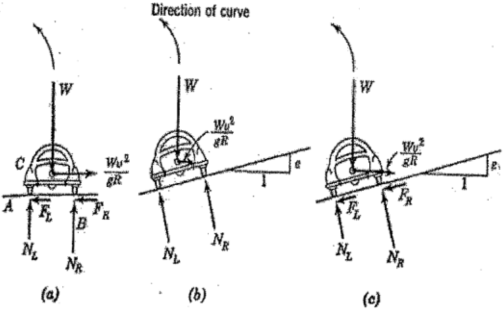
$$\frac{W_{v^2}}{gR} = (N_L + N_R)t = Wt$$

فحين استخدام وحدات السرعة بالميل/الساعة وخفضت المعادلة، فإن العلاقات بين معامل الاحتكاك والسرعة ونصف القطر هي: $f = \frac{V^2}{15R}$

وتؤثر القوة الطاردة المركزية على سطح الطريق خلال مركز الجاذبية للسيارة (الشكل 1- 3) وتخلق قوة عزم انقلابية حول نقاط التماس معين العجلات السيارة الخارجية وسطح الطريق(النقطة B) والذي يقاوم الانقلاب هو العزم الناتج عن وزن (W) الذي يؤثر إلى أسفل خلال مركز الجاذبية وعليه تكون عزم الانقلاب صغيراً، ونتيجة لهذا فأن السيارة ستنزلق إلى الداخل عوضاً عن الخارج، وكثيراً من المركبات(القلابات والشاحنات) لها مركز جاذبية كبير لدرجة تشكل عزماً انقلابياً وعليه يمكن أن تنقلب قبل أن تنزلق.

مقاطع المنحنيات للطرق الحديثة غالباًما تكون مرتفعة أي أن سطح الطريق قدأميل إلى أعلى قليلاً باتجاه خارج المنحنى وبهذه الطريقة فإن إمكانية أن تنزلق المركبة إلى الخارج أو تنقلب يمكن التغلب عليها كلياً.

ولكل نصف قطرمنحنى وسرعة: انطلاق تعلية خاصة توازن القوة الطاردة المركزية، وفي الحالة النموذجية فإن الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق يعمل في اتجاه عمودي على سطح الطريق، القوى التي تؤثر على المركبة مبينة كما في الشكل(b 1- 3).



Forces acting on motor vehicles traveling in curved paths

الشكل رقم (3- 1)

والعلاقة بين التعلية والسرعة ونصف قطرالمنحنى يعبر عنها بالأقدام والثانية كما يلي:

$$\frac{\ell}{1} = \frac{WV^{\ 2}/gR}{W}$$

حيث ℓ هو ارتفاع التعلية بالأقدام لكل قدم طولي لعرض الطريق، وبالتعبير عن السرعة بالميل/الساعة تصبح المعادلة: $\ell = \frac{V^2}{15R}$ وعندانطلاق السيارة بسرعة أكبرمن تلك التي عندها توازن التعلية كل القوة الطاردة المركزية فإن الاحتكاك

مطلوب ليبقى المركبة داخل خط المنحنى والقوى المؤثرة على المركبة مبينة في الشكل(IC- 3) ومعامل الاحتكاك لناتج حين تمر السيارة على خط المنحنى هو:

$$f = \frac{V^2}{15R} - \ell$$

وأكبر معامل للاحتكاك على سطح جاف يحدد بإختيار دائرة أومنحنى غالباًما يتراوح ما بين(0.4 – 0.5) وبعض الاحيان فإن معامل احتكاك اقل قد يتولدعلى سطح طريقة مبتل.

وعلى أي حال فإن حالة الانزلاق لا تحدث للسائقين على الطريق إلا إذا كان السطح متجمداً(جليت) أو طينياً وحسب مواصفات (AASHO) فإن المعامل الأقصى للاحتكاك على الجوانب يبلغ(0.16) لسرعات حتى 60 ميل/الساعة، عند (14.0) لسرعات عند(0.14) لسرعات(70) ميل/الساعة.

أن تأثيرالقوة الطاردة المركزية على المركبات المتحركة ببطء نسبياً قليلة وحين تسافر هذه المركبات حول منحنى تعلية فإن قوة الاحتكاك الجانبية والتي تؤثر إلى خارج مركز المنحنى يجب أن تتكون بين العجلات وسطح الطريق والاستنزلق المركبة إلى الداخل وللمركبات المتوقفة ليس هناك قوة طاردة مركزية وفي هذه الحالة يكون معامل الاحتكاك الجانبي يجب أن يساوي التعلية.

وحيث أن التعليات تستخدم كثيراًبطول استخدام الطريق يجب أن لا تزيد التعلية أبداً عن أقل معامل احتكاك يتولد في اسوأالظروف الجوية.

وأكبر تعلية يسمح بها مواصفات AASHO هي(0.12) قدم لكل قدم، وإذا كان الثلج والجليد متواجداً فهذه التعلية تنخفض إلى(0.08) قدم لكل قدم، وفي الاستخدام فإن تعلية بمقدار (0.16) قدم/قدم برهنت على كفاءتها خاصة عند مسارب النزول حيث تصميم لسرعات أعلى منها لمسارب الصعود عندالتقاطعات.

- **الاحتكاك (Friction):**

أسباب الاحتكاك:

أ. من الانضغاط المباشر بين عجلات السيارة وسطح الطريق وهذا الانضغاط يحدث تلامساً يتراوح ما بين(15- 20) سم2 ويتناسب التلامس طردياً مع ازدياد وزن السيارة وقلة الهواء في العجلات.

ب. من دوران العجلات على حصمة الطريق(حسب نوع سطح الطريق) حيث نرى كثيراً من الأحيان دخول هذه الحصمة داخل فرزات العجلات، فعند دخول وخروج هذه الحصمة يتولد الاحتكاك.

العوامل التي تؤثر على الاحتكاك(زيادة أو نقصاً):

أ. صغر قطر العجل(قطرالجنط) فكلما صغر زاد عدد لفات العجل والعكس صحيح.

ب. قلة ضغط الهواء في العجلات(تنفيس العجلات).

ج. الظروف الجوية ففي الأجواء الباردة بكل الاحتكاك حيث تعمل رطوبة الماء على تبريد العجلات.

د. قدم أوحداثة العجلات، فالعجلات المهترئة يكون احتكاكها مع السطح أكثر، وأفضل الاحتكاك حينما يكون سطح الطريق جافاً فيكون التلامس بين العجلات وسطح الطريق ممتازاً، أما إذا كانت هناك تمنع التلامس الجيد مثل تواجد المياه على سطح الطريق حيث تتشكل طبقة رقيقة من المياه بين العجلات وسطح الطريق تقلل من الاحتكاك ولذلك عملت مصارف المياه على سطح الطريق تلافياً لحدوث الحوادث كالصدم – الانحراف – التزحلق على سطح الطريق.

ويعمل المرور المستمر على سطح الطريق إلى اهتراء سطح حبة الحصمة في طبقة سطح الطريق فتصبح ملساء وهذا يسبب نقص في الاحتكاك بين عجلات السيارة وسطح الطريق وبالتالي يؤدي إلى انزلاقات بوجود طبقة ماء فوق السطح.

وتلعب السرعة دوراً في الاحتكاك فكلما قلت السرعة كلما زاد الاحتكاك والعكس صحيح.

توسيع الطريق عند المنعطف (المنحنى) (Curve widening):

لتلافي الحوادث على الطرق فيزاد عرض الطريق كلما ازدادت السرعة ولذلك نرى الطرق الخارجية دائماً أعرض في الطرق الداخلية، ولتلافي الحوادث عند المنحنيات فلا بد عن توسيع الطريق عند المنحنيات وهذا يسهل على السائق الدخول إلى هذا الطريق بنفس السرعة تقريباً التي كان يسير بها على الطريق المستقيم: والجدول رقم (3- 1) يبين ذلك:

الجدول رقم (3- 1)

علاقة نصف قطر المنحنى بعرض الطريق

نصف قطر المنحنى (م)	عرض الطريق 6م السرعة (30- 60) كم/الساعة)	عرض الطريق (6.6م) السرعة (50- 80) كم/ الساعة	عرض الطريق (7.2) م السرعة (50- 80) كم/ الساعة.
60	1.8	1.4	–
80	1.4	1.1	–
100	1.2	0.900	0.6
150	1.1	0.8	0.6
200	1.00	0.7	0.6
300	0.80	0.6	–
500	0.70	0.6	–
1000	0.60	–	–

ويحاول السائقون الابتعاد عن حافة المنعطف الخارجيةحين السير على هذا المنحنى/المنعطف، وأيضاً فإن العجلات الخلفية وخاصةللمقطورات لا تتبع تماماً رأس المقطورة، وتعمد بعض الجهات المتخصصة لتوسيع المنحنى عندالالزوايا الحادة للمنحنى وليست هناك توصيات من قبل الـ AASHO لتصميم الطرق ويختلف مقدار التوسيع وفقاً للجهات المختصة بذلك في كل قطرة، ويقول بارنت أن المحالة التي يجب أتباعا للتوسيع هي: $W_d = \eta\left(R - \sqrt{R^2 - 400} + \frac{V}{\sqrt{R}}\right)$

حيث W هي التوسعة بالقدم.

N عدد المسارب التي ستوسع.

ويقترح أن لا يكون هناك توسعة على طريق ذات مسربين إذا كانتW من القانون أقل من(2) قدم وإذا استخدم هذه القاعدة قلن يكون هناك توسيع على منحنى منبسط أكثر من(4) درجات السرعة تصميمه مقدارها(70) ميل/ السرعة،(5) درجات السرعى(60) ميل/السرعة، (6) درجات السرعة (50) ميل الساعة وإذا لم يستخدم منعطفات/منحنيات الإزاحة (Formation Curves) فإن التوسعة يضاف إلى الحافة الداخلية للمنحنى الطرق، وإذا استخدمت منحنيات الإزاحة؟؟ منحنيات لإزاحة نصف التوسعة إلى الحاجة الداخلية والنصف الآخر إلى الحافة الخارجية للطريق، أو كامل التوسعة الحافة إلى الداخلية للمنحنى.

مسافة الرؤية(الرؤيا) (Fight Distance):

مسافة المرور غيرالمرئية في بعض الأحيان تسقط أشياء ثقيلة على سطح الطريق/من شاحنات أوناقلات كبيرة فتحدث أثراًخطيراً لسائقين المركبات وفي الأحيان تصطدم بالمركبات اللاحقة وتحدث الضرر لسائقيها أيضاً، لذا الوقوف بل اصطدامها بمركبته أو به، وكذلك فإنه من غيرالمناسب أن نقول أن المركبة تستطيع تفادي ذلك بترك المسرب الذي تسيرعليه حيث يتسبب هذا في فقدان السيطرة أو الاصطدام بمركبة أخرى.

في تصميم الطرق السريعة فإن أصفرمسافة أمنة للوقوف تعرف بمسافة المرور غي والمرئية ومسافة المرور غيرالمرئية هي مجموعة مسافتين المسافة الأولى هي المسافة المقطوعة بعد رؤية الهدف أو العائق ولكن قبل استدام السائق للمكابح (البريكات) خلال زمن فترة الإدراك وردة الفعل فإن المركبة تسيربالسرعة المصححة.

والمسافةالثانية هي التي قطعهاالسائق بينما ضغط على المكابح لإيقاف مسافة زمن الإدراك + مسافة درة الفعل بالقدم = t_v = t_v (1.47)، مسافة الوقوف بالقدم = $\frac{V^2}{2gt} = \frac{V^2}{30f}$

حيث v = السرعة المصممة قدم/الثانية

V = السرعة المصممة ميل/الساعة

t = وقت الاستقبال + وقت ردة الفعل

g = الجاذبية الأرضية قدم/ثانية$^{(2)}$

F = معامل الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق.

الجدول رقم (3- 2) يعطي يتم معتمدة من قبل الـ AASHO لوقت الإدراك ووقت ردة الفعل ومعامل الأمان للاحتكاك وعلاوة على ذلك فغنه تعطي الإجابات نتيجة لتعويض هذه القيم في المعادلات أعلاه، وبخصوص القيم المطلوبة لزمن الإدراك الفعل لأنه يجب ملاحظة أن كلها ولكن أطولها هي أقل بـ (30) ثواني من المعدل الموجود في فحص السواقين ومعامل الاحتكاك المستخدم بما يحتويه من عامل السلامة يفترض أن سطح الطريق خالٍ من الطين والثلج وأن المكابح بحالة جيدة.

ويجب الأنهاء إلى أن مسافة المرور غير المرئية المنصوص عليه تمثل الأقل ما يمكن التي تحتها يكون التصميم غير آمن.

- **مسافة المرور المرئية (Passing Sight Distance):**

على الطرق ذات المسارات الثنائية والثلاثية فإن إمكانية مرورمركبات متحركة ببطء يجب السماح لها على فترات فقط وإلا فإن سعة الطريق ستقل والحوادث تزيدحيث أن حبر بعض السائقين ينفذ ويتجاوزن حينما يكون التجاوز ليس آمناً.

اقل مسافة أمامية التي يجب أن تكون واضحة لتسمح بالمرور الآمن تسمى مسافة المرور المرئية وأقل مسافة مرور مرئية حسب مواصفات الـ (AASHO) معطى في الجدول(3- 2) لإستخدامها في التصاميم النموذجية.

MINIMUM SAFE PASSING SIGHT DISTANCES

From AASHO Design Standards

Safe Passing Minimum, Feet

Design Speed, Mph	2-Lane		3-Lane *	
	Desirable	Absolute	Desirable	Absolute
30	600	500		
40	1100	900		
50	1600	1400	1100	900
60	2300	2100	1500	1300
70	3200	2900	2000	1800

* Based on assumption that two vehicles are being passed.

جدول رقم (3- 2)

ولطريق سريع ذومسربين فالمسافة المرور المرئية تتحدد بمجموع ثلاث مساقات:

d_1 = المسافة المقطوعة خلال وقت أو زمن الإدراك.

d_2 = المسافة المقطوعة بواسطة العربة أثناءالتجاوز.

d_3 = المسافة المقطوعة للعربةالمقابلة أثناء عملية التجاوز.

والافتراض مبين على سرعة العربة المتجاوزة والعربة المقابلة، وسرعة وتسارع العربة المتجاوزه والمسافة بين التجاوز والعربة المتجاوزه على النتيجة النهائية.

ولطريق سريع ذو ثلاث مسارب فأنه يفترض أن العربة المتجاوزه ستجاوز بسهولة عن محور الطريق وعليه فإن (d_3) أي المسافة المقطوعة بواسطة العزبة المقابلة يمكن أهمالها.

ويفترض مرور وتجاوز شاحنتين وليس شاحنة واحدة.

ومتطلبات مسافة المرورالمرئية لا تنطبق على الطرق السريعة ذات الأربع مسارب حيث أن عملية التجاوز لا يجوز أن تتم في مسارات مشغولة بالشاحنات التي تسير بالأتجاه الأخر.

وفي تقدير مسافة المرور الآمنة على طريق ذو مسرفين فإن الافتراضات التالية والملاحظات على تعرف السائقين كانت كالتالي:

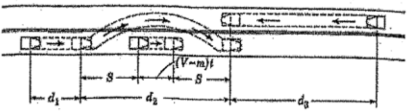
أ. تسيرالسيارة التي يتم التجاوز عنها بسرعة منتظمة.

ب. السيارة التي ستتجاوز تجبر أن تسيربنفس السرعة للسيارة المتجاوز عنها عند عبورمقطع الطريق حيث مسافة المرور المرئية غير آمنة للتجاوز.

ج. عند العبور إلى الجزء الأمن المقطع من الطريق الأمن وتنصح الطريق أمام السائق فإن سائق السيارة المتجاوزة يحتاج إلى وقت قصير (وقد استدراكي) ليتفحص الوضع كاملاً ويراقب السير لمعاكس ويقرر ما إذا كان ممكنا التجاوز أولا.

د. يتم التجاوز بزيادة السرعة خلال العملية كلها. يظهر السير المعاكس للسيارة في اللحظة التي تتم فيها مناورة التجاوز ولم من الوصول إلى جانب السيارة المتجاوزة في الوقت الذي عنده اكتمال المناورة.

الشكل(3- 2) يبين التعاريف، القوانين، القيم المقدرة لمسافة المرور المرئية الفريق ذات مسربين وثلاثة مسارب مبينة على الافتراضات السابقة وتعطي كذلك السرعة التصميمين التي تتراوح ما بين(30- 70) ميل/الساع

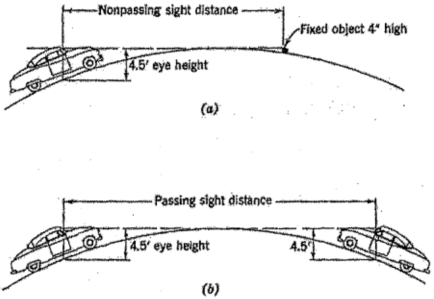


V, Assumed mph, design speed	30			40			50			60			70		
m, Difference between V and speed of passed vehicle, mph	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
$V - m$, Speed of passed vehicle, mph	20	15	10	30	25	20	40	35	30	50	45	40	60	55	50
$S = V - m + 20$, Spacing, ft	40	35	30	50	45	40	60	55	50	70	65	60	80	75	70
a, Acceleration rate, mph per sec	2.5	2.9	3.2	2.1	2.3	2.6	1.7	1.9	2.1	1.3	1.4	1.7	1.0	1.1	1.2
$t = \sqrt{2.73S/a}$, Time, sec	6.5	5.7	5.0	8.1	7.3	6.5	9.8	8.9	8.1	12.1	11.3	9.8	14.8	13.6	12.1
$d_1 = 4.4(V - m)$, ft	88	66	44	132	110	88	176	154	132	220	198	176	264	242	220
$d_2 = 2S + 1.47(V - m)t$, ft	270	195	134	455	358	270	696	568	455	1028	876	696	1460	1250	1028
$d_3 = 1.47Vt$, ft	285	251	220	473	439	382	719	654	598	1068	1000	863	1512	1400	1245
$d = d_1 + d_2 + d_3$, ft	643	512	398	1060	907	740	1595	1376	1183	2316	2074	1735	3236	2892	2503
For three-lane highways d_3 is dropped and $d = d_1 + d_2$.															
When $d = d_1 + d_2$, ft	358	261	178	587	468	358	872	722	587	1248	1074	872	1724	1492	1248

Diagram and typical computations for passing sight distance (Courtesy Arizona Highway Department)

شكل رقم (3- 2)

مسافة المرور وغير المرئية على قمة المنحنى (Non passing Sight Distance crest)، الشكل رقم(3- 9/3) بين الطريق المسموحة لقياس مسافة المرئية وغير المرئية على القمة وتعرف هذه المسافة بإنها أطول مسافة التي عندها يري سائق عينة على ارتفاع(4.5) قدم على سطح الطريق تستطيع أن يرى قمة هدف مقداره(4) على الطريق.



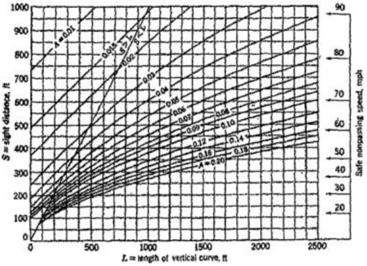
Procedure for measuring nonpassing and passing sight distances over crests

شكل رقم (3- 3)

وفي الشكل(3- 4) أعطيت المعادلات التي تعبر عن المسافة غير المرئية كـ الفرق الجبري بين في الانحدار الميل وطول المنحنى العادموي الرأسين والحل لهذه المعادلات يستنبط من الجدول التي منها يمكن إيجاد طول المنحنى الرأسي اللازم للمسافة غير المرئية تعرف في الميول حتى (20٪).

ويضاف مقياس سم عامودي على يمين حافة الجدول يعطي جلا فورياً مرغوب منه للمنحنى الرأسي بمعلومية السرعات المصممة والطرق الجبري الميول.

مسافة المرور المرئية على قمة المنحنى (Passing Sight Distance over crest) الشكل رقم(3- 3) b بين الطريق المسموحة لقياس المسافة المرئية على القمة وتعرف هذه المسافة بإنها أطول مسافة التي يمكن للسائق الذي ارتفاع عينة(4.5) قدم على سطح الطريق يمكن أن يرى قمة هدفه ارتفاعه(4.5) قدم على الطريق.



Relationships between vertical curve lengths, grades, and nonpassing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % + 100

When $S > L$, $S = \frac{7.28}{A} + \frac{L}{2}$

When $S < L$, $S = 3.82\sqrt{\frac{L}{A}}$

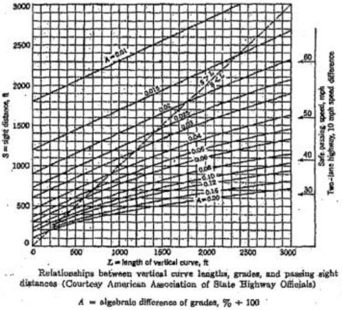
Height of eye 4.5 ft; height of object 4 in.

الشكل رقم (3- 4)

وفي الواقع فإن الارتفاع(4.5) قدم يمثل المركبة القادمة وعلى الشكل رقم (3- 5) تظهر المعادلات التي تعبر عن مسافة الرؤيا لمسريين أو ثلاثة مسارب طرق بدلالة الفرق الجبري في الميول والطول للمنحنى الرأسي.

وحل هذه المعادلات معطاة في الجدول والذي من يمكن إيجاد طول المنحنى الرأسي اللازم لمسافة الرؤيا الذي يمكن إيجاده من الفرق الجبري في الميول حتى (20٪) ويضاف مقياس رسم عامودي على يمين حافة الجدول الذي من لاله يمكن إيجاد أقصر طول مرغوب فيه للمنحنى الرأسي لطريق ذات مسريين من حيث السرعات المصممة والفرق الجبري في الميول.

وأقصر طول مطلق للمنحنى الرأسي لطريق ذو مسريين وأقصر طول منحنى مرغوب الطريق ذات ثلاث مسارب مبين في الجدول(3- 2) والشكل (3- 5).



Relationships between vertical curve lengths, grades, and passing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % ÷ 100

When $S > L$, $S = \frac{18}{A} + \frac{L}{2}$

When $S < L$, $S = 6\sqrt{\frac{L}{A}}$

Height of eye and height of object 4.5 ft

الشكل رقم (3- 5)

ويلـزم منحنيـات رأسـية أطـول لتزويـدنا بالمسافة المرئيـة عـن للمـسافة غـير المرئية.

وكمثـال اعتبر أن قمـة مشكلة بـ(20٪) ميل إلى أعلـى متبوعـة بـ ميـل 2٪) علـى أسـفل علـى طريـق ذات مـسربين والـسرعة تـصميمية مقـدارها 50 ميـل/الـساعة فإن يتوجب أن يكون طول المنحنى الرأسي المستعمل(2900) قدم ليوفر مسافة رؤيـا مرئيــة، بينمــا منحنــى طولــه(300) قــدم سيوفرمــسافة غيرمرئيــة(الــشكل 7،6) والمسافات العامودية بالاتجاه السفلي من تقاطع بين المماس للمنحنى العامودي هـي (14.5، 1.5) قدم على التوالي أو بشكل أخـر علـى القمـة يجب أن تقطـع الطريـق بـ 13 قدم أوطأ لتزود المسافة المرئية ما إذا كانت المسافة غيرمرئية هي الموجودة.

هـذا المثـال بـين لمـاذا في الأقطـار غيرالمهـترة(الـوعرة) فإنـه مـن المكلـف جـداً الحصول على مسافة مرئية مستمرة علـى طريـق ذو مـسربين وكـذلك تـبين لماذا إذا رغـب بمسافة مرئيـة مـستمرة فـإن تـصميم طريـق ذات أربـع مـسارب يكـون أرخـص مـن طريـق ذات مـسربين بتـوفير في الحفريـات أكثـر مـن زيـادة تكـاليف أنـشاء مـسارب إضـافية وقـد دلـت الدراسـات الميدانيـة للرؤيـا علـى الطريـق بينـت أن مـسافة رؤيـا (1500 قـدم - 2000قـدم)، قـد طلبـت مـن الـسائقين لتجـاوزوا مـركبـة مـسرعة بمقدار(45- 50) ميل/الساعة.

والأكثرمن ذلك أنه فإن مسافة الرؤيا تتعدى(2000) قدم ليست محبـذه عند أغلب السائقين من تلك المسافة التي ما بين(1500 – 2000) قدم وعلى نفـس الـشاكلة فـإن نـسبة كـبيرة مـن منـاورات التجـاوز في الأحـول العاديـة ممكـن تأديتهـا حينمـا تكـون مـسافةالرؤيا مـا بـين(1000 – 1500) قـدم هـذه الحقـائق يـبين لمـاذا اعتمـدت مـسافة رؤيامقـدارها(1500) قـدم أو أكثـر كقيـاس لإسـتيعاب طريـق ذات مسربين لتفي بمتطلبات المرور وكمثال فإن الجدول(3- 3) بـين مـدى التـأثير علـى المساحة لمسافة رؤيا مقدارها(1500) قدم.

EFFECT OF PASSING SIGHT-DISTANCE RESTRICTION ON PRACTICAL CAPACITIES OF TWO-LANE HIGHWAYS WHEN ADEQUATE STOPPING SIGHT DISTANCES ARE ALWAYS PRESENT *

Percentage of Total Length of Highway on Which Sight Distance is Restricted to Less than 1500 Ft	Practical Capacity, in Passenger Cars per Hr — For Operating Speed † of 45–50 Mph	Practical Capacity, in Passenger Cars per Hr — For Operating Speed † of 50–55 Mph
0	900	600
20	860	560
40	800	500
60	720	420
80	620	300
100	500	160

* The data in this table apply to sections with 12-ft traffic lanes, shoulders adequate for parking disabled vehicles clear of the traffic lanes, and a continuous stopping sight distance corresponding to the design speed. Also, the sight distance on the restricted portions of the section must be uniformly distributed between the required stopping sight distance for the design speed and 1500 ft.

† Average speed for drivers trying to travel at maximum safe speed.

جدول رقم (3- 3)

المنحنى العامودي المقعر المقوس:

في الليل فإن مدى وصول ضوء السيارة هو الذي يحدد المسافة التي يستطيع السائق أن يراها أمامه، على المحنى المقعر فإن شعاع الضوء على سطح الطريق نفسها بدلاً من الأمام وعلى ذلك فالأضاءة تقل، وكذلك فإن المنحنى المقعر كثيراً يحد من رؤية السائق على الطريق أمامه.

ومواصفات الـ AASON لا تحدد طول المنحنى العامودي المقعر إلا أن يحدد أنها يجب أن تكون أطول ما يمكن وقاعدة توقيع أقصر طول منحنى بمعلومية الفرق الجبري في الميل تستعمل كثيراً.

وهناك اقتراح آخر لتحديد أقصر طول منحنى بغض النظر عن الفرق الجبري واستخدمت جداول مسافة الرؤيا المبنية على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على افتراض أن ارتفاع ضوء السيارة كان (2.5) قدم عند سطح الطريق وأن الشعرة العليا للضوء (شعاع الضوء) قد أميل درجة واحدة إلى الأعلى من أن تكون السيارة على طريق مستوٍ.

الوحدة الرابعة

حجم السير

Traffic Volume

حجم النقل Traffic Volume:

حجم النقل: هوعدد المركبات(بأنواعهاالمختلفة) التي تمرعند نقطة معينةخلال فترة زمنية معينة وتختلف عن كثافة السيرالتي هي عددالمركبات التي تسير على طول معين من الطريق ولا يمكن تصميم اي طريق إلا بمعرفة حجم النقل على ذلك الطريق.

تعداد المركبات: (Traffic estimates):

يقاس التعداد بعدد المركبات التي تمر من محطة سير ويتم التعداد كل (24) ساعة لمختلف الأيام الأسبوع وهذا يسمح لحساب معدل السيراليومي السنوي (ADT) وفي المناطق المتحضرة فإن أكثر أيام الأسبوع ازدحاماً هو يومي الجمعة والسبت في الدول العربية، والسبت في الدول غيرالعربية.

ويتلف التعداد في العاصمة أوالمدن يقاس بساعات اليوم، أيام الأسبوع، أشهر السنة، وعلى الطرق الأكثر ازدحاماً والشوارع فإن القياس الساعة/كل ساعة لقمة الازدحام مفيدة جداً، ويمكن حساب ذلك كل بضرب العدد كل5 دقائق أو15 دقيقة في (12) أو(4) ولا يصبح اقتصادياً تصميم خدمة ازدحام كل ساعة خلال سنة/وعلى أي حال فقد تم التأسيس على أنه لعدة ساعات كل سنة فإن كثافة السيرتقترب من تلك في الساعة الثلاثيةحيث يزداد الحجم الساعي(29) ساعة كل عام، وكقاعدة فإنه من المناسب تصميم الطريق لتستوعب هذا الحجم (حجم الثلاثية ساعة)، ولسوءالحظ فإن النسبة بين المعدل اليومي للسير والثلاثية ساعة ليست ثابتة لجميع الطرق،ولذلك فأن معلومات إضافية يجب تجميعها عند كل موقع إذا ارتأينا أن تكون هذه النسبة معتمدة، ولقداتفق على أن تكون هذه النسبة ثانية من سنة إلى سنة في موقع معين، وكذلك مجموعة قيم يمكن أن تعرف والشكل(2) يبين أن(70٪) من شوارعنا وطرقنا مجمع الثلاثية ساعة يقع ما بين (12- 18٪) من معدل السيراليومي، ونهاية التسجيلات بينت أن حجم

الثلاثية ساعة تتراوح ما بين(8- 38٪) من معدل السير اليومي، وللمواقع في المدن فإن المعدل هو(15٪) بينما في المناطق الخارجية(الزراعيةمثلاً) فانها تشكل قرابة (12٪).

والفصل بيانات تعدادالسيارات بنسبة اتجاه السيرهامة حيث التدفق الكبير يحدث في اتجاه واحد في وقت واحدمن اليوم وفي الأخر في وقت آخر.

وفي بعض الأحيان الاقتصاد في التصميم النهائي يمكن تحقيقه بإستخدام نفس المسرب للمركبات في الاتجاه الأخر وبشكل عام فإن الهدف من تعدادالسيارات أو المركبات هو:

1. إيجادعددالسيارات كل ساعة خلال اليوم الواحد وخلال أيام السنة ومعرفةالساعات التي يمر بها أكثر ازدحام للسيارات واختيار الـ(30) ساعة في السنة من ساعات الازدحام.
2. عددالسيارات لكل يوم على مدار(365) يوم وتبيان الأيام والأشر التي بها أقصى كثافة سير.
3. حساب المعدل اليومي للسيارات Averal Avenage Daily Traffic)).
4. حساب معدل السيراليومي لكامل السنة (Annual Avenage Daily Traffic)وهو مجموع المركبات مقسوماًعلى عدد أيام السنة(365 يوم).
5. تحديد طبيعة حركة السيارات عند بعض النقاط وفي أماكن محددة عندالدخول والخروج منها.
6. تحديد حركة المركبات السيارات عندالتقاطعات.

دراسة التغيرات في حجم السيرعلى مدار اليوم والفصل والسنة:

من الدراسات التي أجريت على تعدادالسيارات كما سبق وبرسم المخططات والمنحنيات للعلاقات يبين أن (الشكل 1).

حجم السير يتميز ما بين ساعة وأخرى بالنسبة للباصات والشاحنات (القلابات وخلافه).

- للباصات أن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة السابعة والثامنة صباحاًبمعدل مرور200 باص/الساعة.
- للباصات إن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة الخامسة والسادسة مساء بمعدل مرور 200 باص/الساعة.

أما بالنسبة للقلابات/ فإن حجم السير يكون كالتالي:

- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة(8.30) صباحاً بمعدل(700) حافلة/الساعة.
- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة الواحدة والثالثة مساءً بمعدل(600 حافلة/الساعة.

وإذا أخذنا التغير في أيام الأسبوع لشهر كانون ثاني وحزيران.

- فإن أكثر الأوقات ازدحاماًخلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة من شهر كانون ثاني.
- أكثر الأوقات ازدحاماًخلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة أيضاً من شهر حزيران.
- **أنواع التعداد المطلوب:**

- تعداد للمشاة لتباين حركتهم وعدد السيارات الداخلة والخارجة في المنطقة لاستخدامها في تصميم الأرصفة وعددها.
- تعدادعلى التقاطعات وتحديد اتجاه حركة المركبات لتصميم الإشارات أن لزم وتقدير السعة.
- تعدادعلى نفس الطريق.

- تعدادالمركبات من حيث أنواعها لتصميم رصفة الطريق.

- **الطرق المتبعة في إجراء التعداد:**

- التعداد البشري: حيث تقوم مجموعة من الدارسين أو المتطوعين أومن هندسة المرور في البلديات أوأمانة عمان بالوقوف في أماكن معينة ويتم تسجيل المعلومات التالية عندالمشاهدة الفورية للسيارات المتحركة:
  - عدد السيارات – أنواع السيارات(ركوب صغيرة – كبيرة – باص – شاحنة سيارة خاصة ...)
  - عددالمحاور – وقت المرور– اتجاهات السير– طبيعة لاستعمال للمركبة وهذه الطريقة مكلفة وربما يشوبها الاهمال وتحتاج إلى فريق كبير لتغطية المناطق المدروسة.
- العدادالميكانيكي ويشمل:
  - التصوير بالرادار: حيث يحدد شكل السيارة ورقمها ونوعها وسرعتها ووجهتها.
  - اللاقط المغناطيسي: يقوم بقياس عددالسيارات المارة.
  - الانابيب المطاطية والخراطيم المثبتة على سطح الطريق وتقوم بعد السيارات المارة.
- التعداد والمتحرك: حيث تقوم سيارة بالسير على الطريق بسرعة ثابتة ويقوم السائق أو المسئول بتسجيل عدد السيارات المارة اتجاه السيارة التي تسجل القراءات وكذلك يقوم السائق أو المسئول بعدالسيارات المقابلة على الجهة الأخرى من الطريق وباستعمال معادلة خاصة يوجدعدد السيارات الكلي.
- يتوقيف السيارات وتوجيه مجموعة من الأسئلة للسائق والركاب الذين معه عن وجهة سيرهم ونوع السيارة وسرعتها وعددمحاورها ......
- بالمقابلةالشخصية في (Door Bell) عن طريق زيارة الشقق في مساحة معينة والاستفسارمن صاحب الشقة أوأي شخص في الشقة عن رقم السيارة ونوعها وعدد محاورها واتجاهاتها (من وإلى)......

- بإرسال استبانات على عناوين الاشخاص وجمع هذه الاستبانات بطريقة معينة واستخلاص المعلومات وتجريتها من هذه الاستبانات.
- تثبيت أشارات على السيارة(كالإشارة التي توضع في دائرة ترخيص المركبات للسيارات) تبين موعدإنطلاقها من المكان وموعدالوصول إلى منطقة أخرى وهكذا.

- **أماكن العد:**
- على محطات متباعدة عن بعضها مثلاً(5كم) أو أكثر او أقل من ذلك تكون ثابتة لفترة ثم تتغير.
- عندأماكن إشارات المرور.
- عندأماكن فحص وتوقيف السيارات على الطرق.
- عند نقاط تواجد رادات على الطريق وكاميرات كالتي ركبتها أمانة عمان على الإشارات الضوئية.
- **فترات التعداد:**

الفترة تتبع التعليمات الصادرة من دائرة الهندسة في أمانة مثلاًأوالاشغال العامة/أي جهة أخرى فمثلاً يمكن بدء العد كل:

- ساعة على مدار اليوم.
- ساعة ازدحام.
- كل 12 ساعة(يحدد البدء والأنهاء) أو أي ساعة ابتداء وأي ساعة أنهاء أكثر أو أقل من 12 ساعة.
- كل يوم.
- أسبوع.
- شهر.
- سنة.
- أيام العطل وأيام النشاطات.

- في الأيام الحارة والباردة.
- أثناء اغلاقات الطرق وبناء الجسور والإنفاق.

ويعتمد كل ما ذكر أعلاه على طبيعة التعداد والغاية منه:

- **حجم السير الحالي والمستقبلي:**

يتوجب القيام بدراسات ميدانية أومن القيود والتسجيلات الموجودة لمعرفة مقدارالتطور المستقبلي الذي على ضوءه تعمل مسارات جديدة على الطرق وعمل تقاطعات ومنحنيات وأية روافد أخرى على الطرق(تصميم جديد) وكذلك معرفة عددالسكان المستقبلي لأن مستملكي ومستخدمي الطريق هم أصحاب السيارات والشاحنات وكذلك دراسة الأراضي والمساحات لغايات التوسعة والاستملاكات وحقوق الطريق.

كل ما ذكر أعلاه وما لم يذكر يجب أن يدرس بعناية لغايات التصميم المبني على:

1. كمية السيرالحالي وإجراءمقارنات من دراسات مماثلة.
2. الكمية المتوقعة لازدياد عددالسيارات كما هي الحال في زيادة السكان وتطور الاقتصاد والتسهيلات.
3. حجم عددالسيارات المتزايد عندامتداد طريق أو فتح طريق في منطقة ما تخدم القاطنين حول الطريق.
4. استعمالات الأراضي تساعدعلى فتح شوارع جديدة وبالتالي سيرسيارات جديدة إضافية، وهكذا على ضوء ما تقدم يجب تصميم الطريق لإستيعاب الإعدادالحالية من المركبات وما سيئول إليه هذا العددبعدمرورحقبة طويلة من الزمن لأن تغييرالطرق يستوجب كلفة اقتصادية باهظة.

الوحدة الخامسة

اختيار مسار الطريق

Highway Surveys & Plans

اختيار مسار الطريق
Highway Survey and Plans

أشارة أن متطلبات السيرالحديثة وتطور صناعة السيارات أديا إلى تزايد الطلب على مساحات ومواقع أوسع للحصول على السرعة والأمان ورخص التشغيل، وعلى المهندس المقيم الآن أن يعمل أكثر من تصميم طريق أو مسرب ليلبي المطالب الدنيا للمنحنيات والميول، فالموقع يجب أن يمزج المنحنيات، الميول، عناصر الطريق الأخرى ليحصل على ركوب وانسياب مروري بسعات كبيرة ومتطلبات أمان أكثر.

في المناطق المستقرة يجب على المهندس أن يتعرف ويقيم الأثر على الصناعات،التجارة، الأعمال والقيم السكانية والتطوير وإعادة التطوير المستقبلي.

وإذا كان إعادة البناء يشمل توسيع الطريق، فقدأخذ بعين الاعتبار الممتلكات على جانب واحد أوجانبي الطريق ولا ينطبق هذا الآن على الطرق ذات التفرعات الكثيرة وبدلاً من ذلك تبنى مواقع جديدة بعيدة عن أماكن التجمعات ذات القيمة العالية فيتوسع جوانب الطرق ومراقبة الدخول والخروج على هذه التفرعات يسهل عملية إضافة أي مسارب أخرى وحماية الممتلكات من التوسعات المستقبلية.

وقبل البدء بمسح الموقع للطريق يجب أخذ قرارات محددة بشأن تصميم السرعة ومقاطع الطريق وأكبر ميل ممكن، ولتكن هذه صحيحة يجب أن تعتمد على تقديرات الكمية، الطبيعة توزيع المرورعلى الساعات مع المعرفة التامة بالمساحة اللازمة والأموال المرصودة.

ومع تقدم الاستطلاع المساحي فإن الاختيار بين المسارات المحتملة وقرارات التصميم يجب أن تعمل ويجب النظر إلى الكلفة الشاملة الاقتصادية الأقل مع الأخذ بعين الاعتبار استثمار الأموال وتكاليف الصيانة والتوفيرعلى مستخدم الطريق.

موقع الطريق والمسح في المناطق القروية/الزراعية:
Reconnaissance Highway Location and Surreys in Rural ARAS

استطلاع الموقع(Reconnaissance): الخطوة الأولى في توقيع طريق ما هو الاستطلاع المكشف من قبل مختصين وهذا أيضاً ضروري في حالة إصلاح واستبدال طريقة مخططة سابقاً، والخطوة الأولى أيضاًالدراسةالمتأنية لكل الخرائط المتوفرة وخاصة الطبوغرافية منها،حيث يمكن وضع خطوط الطريقة عليها لتنفيذها على الأرض.

ويتم الاستطلاع عادة بوسائل مساحية سريعة بإستخدام البوصلة لقياس الزوايا أوالاستاديا لقياس المسافات وحيث يرتفع ميل الطريق أو ينخفض، يمكن استخدام ميزان توتر أبني Abney level أو جهاز الكلينوميتر ونهايات الطريق والنقاط المتوسطة التي يجب أن يمر من خلالها تشكل التحكم المبدئي في المسح.

وإذا لم يكن هناك وسيلة أرى للتحكم فيعتمد أي موقع جسرمعين أو اي جبل معين للقيام بذلك، وكما هو الحال لمناظر طرق جميلة فإن موقع منطقة أخشاب أو مساقط مائية أو بحيرات أوأشياء أخرى جاذبة ممكن أن تكون فقط مراقبة مبدائية،التجمعات الاستيطانية الصغيرة التي يمكن أونتجاهلها أثناء تنفيذ الطريق يمكن أن تكون نقطة مراقبة مبدائية للطرق الثانوية، نظام صرف، ممرات جبلية أونقاط منخفضة في قلة كثيراً ما تشكل نقاط ثانوية، عوامل الكلفة كظروف التربة أن كانت مواتية أو غيرمواتية، عدد وحجم المنشآت، وكميات الحفريات وغيرها ضرورية لاستقامة ناجحة وميل وما شابه يمكن اعتبارها كنقاط مراقبة ثانوية.

في الأماكن الجبلية ذات القمم معروفة الارتفاع جيداً فإنه هناك ممر يمكن الاقتراب منه يسيرالمجرى على جانبي وأقل كلفة وأكثراستقامة خطوط يمكن أن تكون فوق الماءالعالي في الجداول، وقلما تكون ارتفاع الوادي يزيد عن الميل المسموح به، فإذا أتبع انحدار الجدول فيتوجب أن تطول الطريق لتأمين الحصول على ارتفاع كي المنسوب لتأمين تسلق مسموح به.

والفشل في تثبيت نقطة انطلاق صحيحة في قعرالوادي يتسبب في وجود منعطف غيرضروري والاستكشاف في مثل هذه الحالات يفضل أن يكون من الأعلى إلى الأسفل(من القمة إلى القاع) وخلال الاستكشاف يتوجب تدوين بعض الأماكن المناسبة للأنعطاف أوالانحناءات.

في المناطق الثلجية فيفضل أن تثبيت المواقع على المنحدرات المعرضة للشمس لتلافي التجمد على الطريق ولتسهيل عملية إزالة الثلج، ومن الطرق المفضلة في استكشاف المناطق الوعرة الجبلية هو باستخدام الطائرات، أي المسح الجوي، فالاضطلاع من أعلى يعطي صورة مختصرة رقيقة ولايمكن الحصول عليها من الأرض، وفي بعض الأحيان يمكن أنشاء نقاط مراقبة ثانوية ويمكن التحول عن العوائق التي تصادف المسح وتجنبها في هذه المناطق والمسح الجوي يكمل المسح الأرضي في الأحاطة بالمناطق المتاخمة لخط الطريق المقترح، وبعد الأنتهاء من أعمال المسح يمكن تلخيص هذه الأعمال فيما يسمى تقرير المسح والذي يحتوي على الملاحظات لكل طريق مقترح مثل الطول الكلي لخط الطريق، والارتفاعات للقمم الرئيسية والمتوسطة، الميلانات عبورالشلالات، مقاطع مقترحة، طبيعة الأنشاء،حرم الطريق المقترح وما يحيط به، ظروف وأحوال التربة، وجميع المعوقات التي يمكن رؤيتها، وكذلك الكلفة التقريبية وغيرهامن الأعمال التي يراها المهندس ضرورية وتحتاج إلى تدقيق للأعمال السالفة الذكر، ويجب أن يكون هناك مخطط موقع لسيرالخط المقترح وخارطة مساحية ربعية.

وكذلك يجب أن يتوفرفي الملاحظات المرونة معلومات تمكن من معرفة نقاط المراقبة واتجاه الخطوط، ويتوجب أن يتوفر أيضاًخارطةجوية تبين كامل منظرمكتمل للمساحة كاملة تبين عليه الجسور والنقاط الصعبة والمقاطع التي يجب أن تمسح.

ومما سبق جميعه تبين أن مسحاً جيداً يتطلب معرفة جيدة للمشاكل الأساسية لتصميم الطرق وأنشاءاتها وصيانتها، وللموقع الصعبة فيتوجب أن يكون هناك معرفة بالجيولوجيا وينبع هذا أن المسح الجيد أوالاستطلاع الجيديمكن تنفيذه فقط من قبل مهندس ذكي مؤهل ذوخبرة.

الاستطلاع الجوي (التطوير الجوي)

:(Aerial Photographs in reconnaissance)

الصورة الجوية والخارطة المعمولة من الصور أداة ذات قيمة نفيسة لا تقدر بثمن في توقيع الطرق سواء في المناطق الخالية أوالمأهولة، والخرائط والصورالجوية ممكن الحصول عليها من المركز الجغرافي الأردني كجهة متخصصة في التصويرالجوي.

وأكثر الخرائط فائدة تلك الصورالجوية ذات الكاميرا (آلة التصوير) الموجهة عامودياً إلى أسفل، والصور تؤخذ بشكل متوازٍ وعلى مسافات مدروية تماماً بحيث تتطابق الصور بنسبة (30٪) ويجب أن تكون الطلعات الجوية كافية لتغطية المساحة كلها المراد عمل مشاريع فيها، والصور العامودية المتتابعة في كل طلعة جوية يجب أن تتطابق بنسة (55- 65٪) لكي وبحيث يكون مركز إحدى الصور (النقطة الرئيسية) مشمول في كلاالصورتين المتجاورتين، ومقياس الصورة يتحكم بالارتفاع الذي عنده أخذت الصور وعادة ما يكون موضع الطائرة على ارتفاع (5000) قدم من الأرض والذي يمكن الكاميرات من التصوير بمقياس مقدارها (500) قدم/أنش بمعنى أن صورة ("9 × "9) تعطي مساحة مقدارها $\left(\frac{3}{4}\right)$ الميل لكل جانب، ولإستطلاع مواقع أخرى يمكن استخدام مقياس(500) قدم لكل(1) انش وحيث المطلوب أن الصور أوالخرائط المطولة مما سبق أن تحل محل أو تبين الموقع على الأرض يمكن استخدام مقياس أكبر مثل(100 أو200) قدم لكل(1) انش، وبالنهائية إذا كان اعتمدت المواقع المساحية والمخططات المبينة على الصور فإن

مقياس مقداره(50) قدم لكل(1) أنش أوحتى أكبر ممكن استخدامه، ويمكن الاستفادة من الصورالجوية المساحية (Mosaics) بمضاهاة مراكز الصورة المنفردة في المناطق المفتوحة السهلة بصورة مركبة لكامل المنطقة يمكن على الأقل إختيار مسارالطريق العام من الصورالجويةالمساحية وهذاالنمط مساعد في المناطق الكثيفة بالاشجار كالغابات وكالمستنعقات وحيث يكون الاستطلاع الأرضي صعباً ومشاكل الصرف يمكن أن تبين وتحدد مساحات الصرف، ولذلك فالتصوير الجوي المساحي مفيداً جداً وسهل ويساعد في مناقشة الخطط المقترح من الجهة المسئولة، وكما ذكر سابقاً فإن الصورالجوية العامودية التي أخذت من قبل مواقع طائرات مختلفة ويتطابق(55- 65٪) يمكن رؤية مجسم هذا التطابق بواسطة الستيربوسكوب، تبين التضاريس بشكل سهل وإذا كانت المنطقة الممسوحة وعرة فإن دراستها بواسطة الستيريوسكوب سوف تقصر حجم العمل المساحي، حيث يبين هذا الجهاز مواقع الخطوط بدقة وبتفاصيل من مجموعات الصور.

ومقياس رسم الصور الجوية النهائية هي(1: 62500) أوحوالي(1) ميل إلى (1) أنش وفي المناطق الزراعية والصناعية والريفية يستخدم مقياس (1: 24000) أو (2000) قدم لكل(1) أنش.

التوقيع المساحي في المناطق العمرانية/المتحضرة

(Rural Location Surveys)

التوقيع المساحي المبدئي الأساسي الأولي

(The Preliminary Location Survey)

بعدالاستطلاع فمن الطبيعي أولاً أن تبدأ المسح المبدئي وتتبعه بتوقيع المسح النهائي ويتم عمل هذين النوعين من المسح عن طريق جهاز الترانزيت والجنزير (Transt &chaining Method) في المناطق الضيقة المزدحمة يثبت خط مؤقت أكثر دقة من الاستطلاع بواسطة ميزان يدوي أو شعيرات جهاز الترانزيت قبل بدء المسح الابتدائي الأولى، ويشكل المسح الأولى الابتدائي الهيكل الذي يعتمد عليه الطبوغرافية الصحيحة والذي يعتبر الركيزة لتثبيت الطريق الحقيقي.

ويسمى خط الأساس في المسح الابتدائي الأولي خط الـ (P) والذي يجب أن أقرب ما يكون إلى الخط المتوقع، ويجب عمل الخطوط قصيرة إلى حدما لتجنب زواياالانحراف الأكثر من(30) لتقصير وتقريب الانحناءات الطويلة.

وتوقيع المناظر الطبيعية والثقافية التي يمكن أن تؤثر على الخط يمكن ربطهابالنسبة لهذا الخط وتؤخذ المناسيب لمحطات على بعد(100) قدم لكل وعند الكسرات في الأرض لوضعها على المقطع الطولي ولتكون كأساس كنقطة انطلاق للمخطط الكنتوري أوالمقطع العرضي مغطية مساحات على الجانبين من خط الـ (P) والعرض المغطى يختلف حسب الطبوغرافية واستخدام الأرض ولكنه يتراوح ما بين(100 – 800) قدم وكل نقاط التحول (Transit) ونقاط المرجع (Bench monke) للمساحةالمبدئية يجب أن تثبت جيداً أونهائياً ويعترض المهندسون على مدى دقة المسح الابتدائي، ويمكن الحصول على السرعة باستخدام الجنزير أو طريقة الشعيرا للستاديا لقياس المسافات.

وعلى أي حال هذا النظام يقلل من عدم فائدة خط المسح الابتدائي لضبط الدقة للموقع النهائي، وعلى الطرق الآخر إذا ما توازي الخطان بالضبط وإذا أخذ مسافة ضبط بينهما فإنه يمكن عمل تدقيق ممتاز، ويمكن أخذ اتجاهات مقارنة (Comparative bearing) بتدوير زاوية أو أثنتان وتدقيق النتائج النهائية الكلية من حسابات خطوط الطول والعرض لكلا الخطين.

وبشكل مختصر فإن المسح الابتدائي الأولي يتم كالتالي:

1. تحديد أطوال المضلعات وزاويا الانحراف واتجاه الشمال.
2. أخذ مناسيب طولية على كل محطة على طول الأضلاع إبتداء من نقطة المرجع Bench Monk.
3. تؤخذ مناسيب ومسافات متعامدة على الخط (P) على اليمين واليسار.
4. في المكتب يرسم المضلع وزاويا وتوضع المناسيب الطولية والعريضة على المضلع وتحدد الخطوط الكنتورية بوصل النقاط ذات الارتفاع الواحد.

5. تعدل مسارات الخطوط على ضوء المخطط الطبوغرافي حتى يتم التوصل إلى أنسب مسار بأفضل الشروط.
6. توضع المنحنيات الأفقية حسب نوع الطريق مع مراعاة الخدمات حول خط الطريق.

المسح التثبيتي النهائي

(The Final Location Survey)

التوقيع النهائي ضروري ويتضمن أساساً تثبيت الاوتاد على الأرض على امتدادالخط المركزي الرئيسي للطريق وهذا يعطي الفرصة للتصحيح القليل بإزاحة الخط مثلاً- تعديل الميول – تعديل الإنشاءات – القنوات ووسائل الصرف الأخرى.

ومن المعتاد عمل مقطع طولي جديد ومقاطع عرضية مضبوطة التي منها تحسب كميات القطع والردم(كميات التربة) والأرضفة وملحقات الطريق بدقة.

ويجب وضع نقاط كافية للمنحنيات والممارسات اثناء عمليات الأنشاء ويجب تثبيتها ووضع نقاط مرجع للحاجةإليهاعندإعادة ترسيم الخط أثناء الانشاء، ويجب وضع النقاط وما ذكرعلى مسافات متقاربة ومواضع خالية من الضوضاء أثناء الانشاء.

واتجاهات خطوط الملكية ومسافات وزواياالملكيات الخاصة ومواقع الأبنية، والاسجية وكل ما هو موجودحول الطريق يجب أن تثبيت بدقةخوفاً من خلق مشاكل تتعلق بالملكية الشخصية والأضرار التي تلحق بها وما إلى ذلك.... وكل هذه الأقيسة تقع على عاتق فريق توقيع الخط، وعلى فريق التوقيع أيضاً لتبيان مواقع الجداول أن وجدت ومنابع الماء من تبدأ وأين تصب وهكذا.

الوحدة السادسة

التصميم الأفقي والرأسي للطريق

انواع المنحنيات الأفقية والراسية:

المنحنيات الأفقية (Flator Horigontal Curves) تقسم هذه المنحنيات إلى الأنواع التالية:

- المنحنى الأفقي البسيط (Simple cirve) وهي قطعة من دائرة بين مماسين.
- المنحنى الأفقي المركب (Componed Cune) وهو عبارة عن منحنين دائريين بإنصاف اقطار مختلفة والمنحنيات في نفس الاتجاه متصلان مع بعضهما.
- المنحنى الأفقي المقلوس (Reversed curve) وهما منحنيين دائريين باتجاهين متعاكسين
- المنحى الأفقي الانتقالي (Transition curve) وهو منحنى بنصف قطر متغير يبدأ بنصف قطر كبير ويصغر تدريجيا حتى النهاية ومن أنواعها الحلزوي (Spiral) والقطع المكاني (Parabola)
- منحنى يظهر مقلوس (Broken back cure) يتكون من منحنيين أثنين باتجاه واحد يفصل بينهما فمن صغير

- **أماكن استخدام المنحنيات:**
  - تستخدم المنحنيات الطبيعية في المناطق الجبلية كمابينا سابقاً.
  - وتستخدم المنحنيات المتوسطة في المناطق الوعرة والمتدرجة.
  - وتستخدم المنحنيات الواسعة في المناطق السهلية.

وهناك ربط بين السرعة ونصف قطر المنحنى وهذا الربط طردياً فكلما زادت السرعة كبر نصف قطر المنحنى والعكس صحيح.

- **ووظيفة المنحنى** بشكل عام هو السماح بالانتقال التدريجي من الخط المستقيم إلى الدائرة ثم إلى الخط المستقيم ثانية، أمن الخط المستقيم إلى دائرة أخرى بنفس الاتجاه أو معاكسة للاتجاه ثم إلى الخط المستقيم ثانية، دون تعريض السائق أوالركاب إلى مخاطر.

• حسنات المنحنى الانتقالي:

1. أعطاء فرصة كافية للسائق قبل دخوله إلى المحنى الدائري(الدائرة).
2. سهولة الدخول والخروج في المنحنى.
3. أعطاء ميلان مناسب للطريق على منحنى يتناسب مع قوة الطرد المركزية بحيث تبقى سرعة المركبة منتظمة وراحة للسائق.
4. سهولة تعريض (Wldening) الطريق عند المنحنيات الصعبة.
5. لأعطاء منظر جميل لمسار الطريق وخاصة لمنظر المنحنى من أعلا وعلى المنحنى.

• طول المنحنى الأفقي:

يعتمد طول المنحنى على العناصر التالية:

- طوبوغرافية المنطقة.
- أنواع العوائق في المنطقة كالأنهار والأشجار والآثار والتربة السنجة السيئة.
- نوع درجة الطريق المقترحة أولى، ثانية، ....
- السرعة التصميمية المقترحة على الطريق.
- الكلفة الاقتصادية المقترحة.

لتصميم المنحنى الأفقي يتوجب معرفة زاوية الانحراف(□) ونصف القطر ثم من هاتين القيمتين تحسب بقية متطلبات تصميم المنحنى:

1. فلايجاد طول المنحنى (L) = $\frac{\text{2 نق ط} \times \square}{360}$

□ درجة تحفر قوساً طوله (L)

، L هو 360° تحصر قوساً طوله 2نق ط.

2. درجة المنحنى (D) تعرف بإنها درجة تحصر قوساً طوله 30 متراً

$$D = \frac{30 \times 360}{2\ \text{نق ط}}$$

3. المماس = نق × ظا نصف الزاوية المركزية.
4. المسافة M = طول الوتر – نصف القطر

طول الوتر = $\sqrt[2]{\text{نق}^2 + \text{طول المماس}^2}$

فتحدد نقطة بداية المنحنى من معرفة طول المماس ثم يقاس هذا الطول رجوعاً(بالعكس) من نقطة التقاطع Point of Intersection ونهاية المنحنى تكون من بداية المنحنى + طول المنحنى.

- **تثبيت المنحنى الأفقي:**

1. تثبيت بداية المنحنى (PC).
2. نضع آلة البثودوليت على النقطة (PC) وننظر إلى الخلف باتجاه المماس.
3. تقلب تلسكوب البتودوليت باتجاه نقطة التقاطع (PI).
4. ندير التلسكوب بزاوية تساوي نصف زاوية درجة المنحنى.
5. نقيس وتراً يعادل الوتر المقابل للزاوية المركزية التي تساوي زاوية درجة المنحنى وتثبيت نقطة عند تقاطع خط النظر مع نهاية الوتر.
6. ندير التلسكوب زاوية أخرى تعادل نصف زاوية درجة المنحنى ونقيس وتراً ثانياًمن نهاية الوتر الأول بطول الوتر المقابل للزاوية المركزية المساوية لدرجة المنحنى حيث يلتقي خط النظر مع الوتر وهكذا.
7. ترقم أرقام محطات الطريق كل(20م) أو (25) متر وهناك محطة (صفر) + 20 محطة صفر + 40 وهكذا.

- **المنحنى الانتقالي (Transition Curve)**

يدخل في تصميم المنحنى الانتقالي زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي وطول المنحنى الانتقالي وتتحدد زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي من المخططات الطبوغرافية ودرجة الطريق والتخطيط الأفقي، أما طول المنحنى فتستخدم الجداول التي يبين فيها ميل سطح الطريق وطول المنحنى الانتقالي.

التصميم الرأسي للطريق مهام التصميم الرأسي

(Vertical A ligment)

- وضع خطوط الانحدار والصعود
- تحديد انحدار الخطوط
- تصميم منحنيات رأسية
- المنحنيات
- العوامل التي تتحكم بالانحدار:
- طوغرافية المنطقة.
- التخطيط الأفقي.
- مسافة الرؤيا.
- وجود سيارات وشاحنات ثقيلة.
- السرعة.
- كلفة الإنشاء

- وضع مناسيب الأرض الطبيعية
- تبيان ارتفاعات سطح الطريق الترابي النهائي عند المحور وليس الأطراف
- تبيان أطوال المنحنيات ؟؟؟ عند بدايتها ونهايتها
- تبيان نقاط تقاطع المماسات
- كتابة نسبة الميول (+) أو(-) 2 أو 3 أو5.

- السرعات (Speeds)

العوامل التي تؤثرعلى السرعة:

- السائق.
- السيارة.
- الطريق نفسها.
- حالة الطقس.
- وجود مركبات على الطريق.
- المنحنيات على الطريق.
- عدد المسارب.
- الأحوال البيئية حول وعلى جوانب الطريق.
- وجود شواخص وإرشادات مروية ولوحات دليلية.
- عوامل أخرى مثل مراقبة الطريق وجود وسيارات شرطة، ممرات على الطريق،.....
- وجود تقاطعات على الطريق.
- مسافة الرؤيا.
- الانحدارات والأرتفاعات.
- طبيعة سطح الطريق(الخشونة،والنعومة).

أنواع السرعات Types of Speeds:

1. **سرعة التصميم Design Speed:**

وهي السرعة التي يتم بها تصميم الطريق ومنحنياتها وأطوالها ومسافة الرؤيا وعدد المسارب والسعة و...... أو هي أقصى سرعة يمكن للسائق أن تسير بها بأمان في ظروف أمنة، وتعتمد هذه السرعة على طبوغرافية الطريق ودرجة الطريق وحجم السير والكلفة الاقتصادية، والجدول يبين سرعة التصميم في المناطق المختلفة، الجدول رقم (6- 1).

السرعة كم/ الساعة			
ضيقة المنطقة	طريق رئيسي	طريق ثانوي	طريق زراعي/ قروي
سهلية	120	100	80
متدرجة	100	80	60
جبلية	80	60	40

يتم اختيار السرعة التي يسير عليها(98٪) من السيارات بمعنى أن(98٪) من السيارات تلتزم بهذه السرعة 2٪ تشد عن هذه القاعدة ومن أجل ذلك يتم إيجاد المجموع التراكمي لسرعة السيارات ويتم اختيار تلك السرعة التي يسير عليها (98٪) من السيارات.

2. سرعة التشغيل (Running Speed): وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة ويتم أحتسابها بإيجاد المسافة المقطوعة وقسمتها على الزمن وفائدة سرعة التشغيل هي:

- كيفية اختيار سرعة التصميم.
- فكرة عن التأخير جراء المنعطفات والإزدحامات المرورية.

الجدول التالي رقم (6) يبين العلاقة بين سرعة التصميم وسرعة التشغيل

سرعة التصميم	السرعة التشغيلية كم/ الساعة		
كم/ الساعة	سير قليل	سير متوسط	سير كثيف
50	45	42	40
60	54	51	48
80	70	66	56
100	85	78	60
120	98	90	62

3. **سرعة الرحلة (Journey Speed):**

وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة مع إدخال وقت الوقوف والتأخير في الحسبان، وهذه السرعة مقياس لكفاءة الإشارات ونظام السير وحركة السيارات والإزدحامات.

ويقسم التأخير إلى:

أ. **تأخير ثابت:** وهو توقيت الإشارات الضوئية وإشارات الوقوف والتقاطعات.

ب. **تأخير تشغيلي:** من السيارات الواقفة على جوانب الطريق، دوران السيارات (UTURN) وحركة المشاه وبطءالسيرإجمالاً ومن الحوادث على الطرق، وهذا يعكس كفاءة الطريق والحاجة إلى تطويرها.

4. **سرعة النقطة (Spot Speed):** وهي سرعة السيارة في نقطة معينة ويستفاد منها في تحديد كفاءة الطريق وأثر التقاطعات على حركة السير وكذلك تحديث الطريق وتقاس هذه السرعة بالرادار أو التصوير.

لوحة مسقط ومقطع Plan & Profile:

هذه اللوحة يكون نضعهاالعلوي أيضاً ونصفها السفلي مربعات، ويرسم التصميم الأفقي في الجزء العلوي من اللوحة والتصميم الرأسي في الجزء السفلي من اللوحة.

على ماذا يشتمل السفلي:

في الجزء السفلي:

- إرقام المحطات
- مناسيب الأرض الطبيعية
- مناسيب الطريق بعد التصميم

في اللوحة:

- الانحدارات والارتفاعات
- المنحنيات الرأسية والأفقية
- نقاط (Bench Monk) المرجعية
- كميات الروم والحفر والقطع
- عرض الطريق وأماكن الحواجز
- نتائج فحص التربة

لوحات إضافية

- لوحات الدليل العام.
- لوحات طبوغرافية.
- مقاطع عرضية نموذجية.
- رسم للعبارات.
- لوحات إرشاديةللاشارات.
- أي لوحات أخرى.

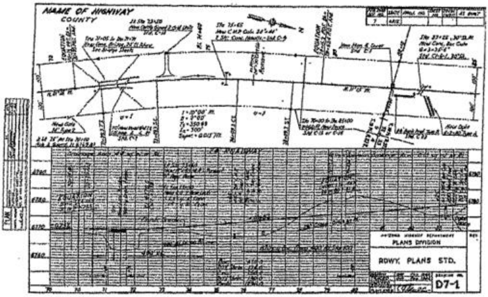


Fig. 8. Typical sheet of plans for a 2-lane rural highway (Courtesy Arizona Highway Department)

الشكل رقم (6- 1)

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

Elements of X - Section

وللمناطق قليلة كثافة السيرفتعمل الاكتاف بعرض يتراوح ما بين (1- 2) متر وللشوارع الجانبية والتي تصب في الشوارع الأكثر سعة تعمل اكتاف بعرض(1- 1.5) متر.

ميول الاكتاف:

يفضل أن تكون الاكتاف مائلة أكثرمن ميل سطح الطريق ولذلك تزاد الميلانات للاكتاف بدرجة أو درجتين عن سطح الطريق فإذا كان سطح الطريق مائلاً مثلاً(2٪) فإن ميل الكتف يجب أن يكون(3- 4٪) أي أن ميل الاكتاب يزيد بمقدار(1- 2٪) غالباً ويعتمدالميل على طبيعة سطح الكتف فالسطح الناعم (أسفلت) يكون ميل أقل من السطح الخشن(خرسانة مثلاً) أو الحصمة مع مادة القار.

المسارب Lanes:

تعريف المسرب: هو العرض في الطريق المخصص لمرورالسيارات عليه.

انواع الطرق بالنسبة للمسارب:

- طريق لمسرب واحد: ذهاباً وأياباً.
- طريق لمسربين: واحدللذهاب وواحد للإياب.
- طريق بثلاث مسارب: للذهاب والإياب والثالث للذهاب معاً واستخدامه قليل جداً.

عددالمسارب على طريق مقسوم بجزيرة وسطية:

- طريق بمسرب واحدللذهاب وفي الناحيةالمقابلة طريق للاياب.
- طريق بمسربين: مسربين للذهاب وفي الناحية المقابلة طريق بمسربين.
- طريق بثلاث مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بثلاث مسارب.
- طريق بأربع مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بأربع مسارب.

ويختلف عرض المسرب باختلاف درجة ومستوى ونوعية الطريق وازدياد عدد السيارات والشاحنات وسرعاتها وفي الأحوال العامة يكون:

عرض الطريق الرئيسي حوالي (4)م

عرض الطريق الثانوي (2) – 3)م { في داخل المدن والقرى ولمسرب واحد فقط (اتجاه واحد من الطريق)

وعندمقابلة السيارات الآتية من الطرف الآخر أو عندالتجاوز عن سيارة أخرى على نفس المسرب فإن الوضع الذي يختاره السائق يعتمد أساساً على عرض الطريق، وقدتدرجت الطرق في الاتساع من(4) أمتار لكامل عرض الطريق إلى أن وصل إلى(8) أمتار وعلى المسرب الذي عرضه(6)م واكتافه من العشب والحصى فإن المسافة ما بين سيارتين تتجاوز أحدهماالأخرى يكون فقط حوالي(80) سم (سيارة خصوص مثلاً وسيارة شاحنة(قلاب ترك ...).

وتمر أحداهما بجانب الأخرى دون الحاجة لتخفيض السرعة ولا أن يحرك السيارة يساراً لتبعد عن السيارة الأخرى، وعلى الطريق التي عرضها حوالي(7) م فإن المسافة تكون حوالي(1)م وهذه مسافة غيرأمنة، وعلى الطريق التي عرضها(6) م فإن ما نسبة(50٪) من سيارات الركاب و(11٪) من الشاحنات تفشل وعندما يتقابل شاحنتين فإن المسافة بينهما عند التجاوز تقول أقل مما ذكرناه سابقاً.

ومن الشكل رقم(7- 1) أيضاً فإن المسافة أيضاً فإن إذا تقابلت شاحنات على مسار عرضه(4) أمتار فيتوجب على الشاحنتين أن تسيرا خلف بعضهما البعض ولا تتجاوز أحدهماالأخرى إلا إذا توسع عرض الطريق.

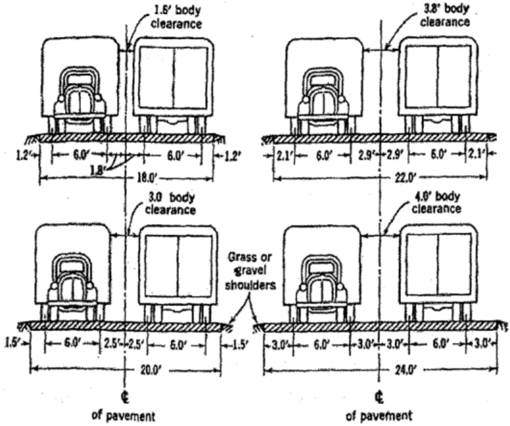


Fig 7-1 Average positions of commercial vehicles when meeting during the day on 2-lane concrete pavements having grass or gravel shoulders (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

وإذا اعتبرنا إعداد السيارات فإنه

- إذا كان عدد الشاحنات والسيارات يقل عن(200) سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب(3)م.
- إذا كان عدد الشاحنات أكثر من 200 سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب (4)م.

وأيضاً هناك أنواع أخرى من المسارب عدا المسارب الرئيسية في الطريق منها:

- مسرب الصعود (Clinbing Lane): وهذا مسرب إضافي خاص بالشاحنات الكبيرة التي تسير ببطء أثناء الصعود على الطريق وبذلك يفسح المجال أمام السيارات الأصغر بالتجاوز والمرور بسهولة.
- مسرب التسارع (Acceleration Lane): وهو مسرب جانبي تتسارع فيه سرعة السيارة قبل الدخول إلى الطريق الرئيسي فتتماثل سرعة السيارة على مسرب التسارع مع سرعة السيارات على الطريق الرئيسي.
- مسرب التباطؤ (Decceleration lane): وهو مسرب جانبي تدخله السيارات أثناء مفادتها الطريق الرئيسي لتتمكن من تخفيض سرعتها دون أن تتسبب في عرقلة سير السيارات السريعة الموجودة على الطريق الرئيسي.
- مسارب الوقوف: وهو لراحة السائقين ووقوف السيارات لفترة.
- مسارب الاستدارة: مسارب حتى تتمكن السيارات من الالتفاف إلى الجهة الأخرى.
- مسارب مساعدة: مسارب لدخول السيارات إلى الشارع الرئيسي دون تسبب في عرقلة السير وهو يساعد أيضاً على تسهيل عملية السير.

الجزر: Median Strips for divided Highways

تعريف الجزيرة: وهو الجزء المنشأ الذي يفصل الطريق إلى جهتين إحداهما للذهاب والأخرى للإياب.

الهدف من أنشاء الجزر:

- تسهيل عملية المرور.
- تخفيض نسبة الحوادث.
- التغلب على تأثير الأضواء المرتفعة المقابلة ليلاً.

ويتراوح عرض الجزر ما بين (1.2)مم إلى(30) متراً حسب المساحة المتوفرة وتكلفة الأرض وعدد المسارب المطلوبة والسرعات على المسارب فتستعمل الجزر الموصوفة في المدن غالباً حيث ترتفع قيمة الأرض ويكون عرضها قليلاً أما خارج المدن فتكون هذه الجزر ذات عرض صغير نسبياً أقل من تلك في المدن.

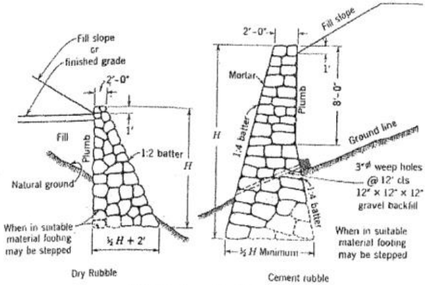
اشكال الجزر على الطرق:

- جزر مستمر لافتحات فيها.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق عند فتحات الاستدارة.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق لدخول إلى طريق رئيسي بنفس سرعة السيارات على هذا الطريق.
- جزر تؤدي إلى أماكن توقف السيارات(كراجات خارج مسرب الطريق الرئيسي) وتؤدي إلى الدخول إلى مناطق السكن والمحلات التجارية.

الحواجز الجانبية/حواجز الحماية (Caurd Rails):

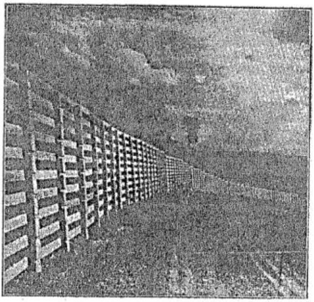
الهدف من أنشاء الحواجز أعطاء الأمان للسائق أثناء مرور على الطريق وخشية انقلاب السيارة أو خروجا عن مسارها نتيجة للسرعة أو التصميم السئ لجسم الطريق.

وتعمل هذه الحواجز أيضاً على منع مرور الحيوانات كالجمال وغيرها عبر الطريق وتسبب الحوادث للسيارات والركاب كما هوالحال في طريق عمان العقبة أو البحر الميت العقبة، وتصنع هذه الحواجز إما من المعدن أومن الخرسانة السابقة الصنع غالباً أو من الخرسانة العادية وفي بعض الأحيان من الأخشاب الغليظة أو من مجموعة من هذه العناصر مجتمعه وقد تكون أيضاً حوائط من الحجارة فقط أو من جدران استنادية (حجرية أوخرسانية) كما في الشكل (7- 2)، والشكل رقم (7-3).



Cross sections of rubble retaining walls

الشكل رقم(7- 2)



A crib wall of precast reinforced concrete in New York State (Courtesy Universal Concrete Pipe Co.)

الشكل رقم(7- 3)

وغالباًما تستخدم هذه الحواجز إذا ما زاد والارتفاع عن(3) مترالجسم الطريق.

الخنادق: (Side Ditches):

تستخدم هذه الخنادق فيما إذا كانت الطريق منشأبعدالقطع، حيث تنساب المياه على سطح الطريق وتتجمع على جوانبها فتعمل مثل هذه الخنادق ذات المقطع شبه المنحرف أو المثلث أوالمستطيل كما في الشكل(ص 225) وأبعاد هذه الخنادق وميولاتها وخصائص القنوات الأخرى تتحدد من كمية التدفق في هذه القنوات ويجب الانتباه على موقع القناة بحيث لا تتنسب في حف وحت القناة عند التقاءها مع الميول الجانبية للاكتاف وتحفر هذه وتحفر هذه القنوات بواسطة المحمل (Shovel)أثناء عمليات أنشاء الطريق ويكون ميل جانب هذا الخندق (3:1) غالباً من(30- 50)سم وللتقليل من عمليات الترسيب في هذه الخنادق تزرع جوانب الطريق بالإعشاب والاشجار الصغيرة لتمنع انسياب الماء على السطح مباشرةحيث تعترضه الحشائش والشجيرات وسيل سيلاًطبيعياً لا يحدث الحت وبالتالي الترسيب في الخندق.

الجدران الاستنادية Retaining Walls:

تبنى الجدران الاستنادية عندما تكون التربة ضعيفة ويخشى من انهيارها وبالتالي انهيار الطريق، عندما تكون الميل كبيراً فيتوجب إسنادالتربة لتمنع انجرافهانتيجة للميل الشديد، عندما تكون ثمن الأراضي مرتفعة وأن الأثنين تكون ملاصقة الحرم الطريق، عندما يتوقع حصول انهيار على جانبي الطريق نتيجة لتغلغل المياه أو لضعف التربة كما أسلفنا.

المواد التي تتبنى منها الجدران الاستنادية:

1. من الخرسانية العادية.
2. من الخرسانة المسلحة.
3. من الحجارة.
4. من الحجارة والخرسانة المسلحة أو العادية.
5. من الطوب حسب تصميم خاص.
6. من الطوب والحجر.

ويشترط في الجدارن أن يرتفع عن مستوى سطح الطريق وأن يكون قاعدته وجسمه بحيث يتحمل الاثقال التصحيحية للجدران الاستنادية.

الميول الجانبية: (Side Slopes)

أثر الميل الجانبي على الطريق : يتحكم في أثبات التربة او جسم الطريق
: يتحكم في صيانة الطريق
: يتحكم في الكلفة الاقتصادية
: يتحكم في تعريف المياه .

وكلما كان الميل أقل كان جسم الطريق أكثر ثباتاً بمعنى زيادة عرض الطريق بإزديادارتفاعها وإذا زاد الميل يعني ذلك ازديادارتفاع جسم الطريق وأبقاء عرضها محصوراً في حرم الطريق.

والجدول التالي بين العلاقة بين الميل(أفقي إلى عامودي) وارتفاع الردم:

ارتفاع الردم	الميل
أقل من (1) م	1:6
من 1 - 3م	1:4
3 – 4.5م	1:3
4.5 – 6م	1:2
اكثر من 6م	$1:1\frac{1}{2}$

وفي مناطق القطع يتأثر الميل بارتفاع القطع ونوعيته

ارتفاع القطع	الميل
أقل من 3 أمتار	1:2
أكثر من 3 أمتار	1:1

أما في القطع الصخري:

ارتفاع القطع	الميل
أقل من (10) أمتار	3:1
من 10- 20متراً	2:1
أكثر من 20 متراً	2:1 لأول 40٪ من الارتفاع مع عمل بسطة بعرض 5م
أكثر من 20 متراً	3:1 لآخر 60٪ من الارتفاع

أخذت هذه البيانات من دليل تصميم الطرق في وزارة الاشغال العامة في الأردن.

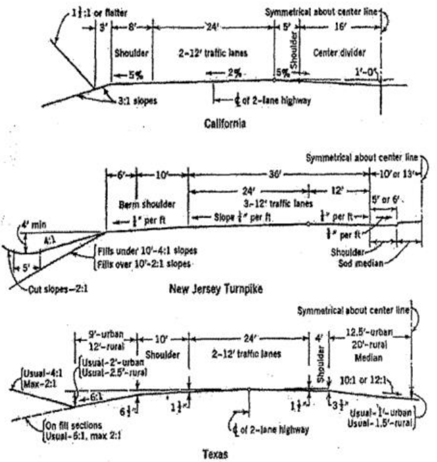
الميول المستعرضة Crass Slopes:

تستحدث الميول الجانبية في للطريق ما عدا حيث يوجد تعلية للمنحنى تؤدي بالمياه جميعها إلى الداخل وتستحدث الميول بكلا الاتجاهين من الخط المركز لطريق ذات المسربين وكل نصف من الطريق المقسومة له ميل منفصل مع كون الحافة الخارجية أعلى من الحافة الداخلية كما في الشكل( ) ويعطي الميل لأنواع الطرق الممتازة $\left(\frac{"1}{8}\right)$ أنش لكل قدم وعلى الاكتاف تكون الميول المستعرضة أكبر وفي بعض الأحيان تصل إلى $\left(\frac{"1}{2}\right)$ أنش لكل قدم أوحتى أكثر والميول المستعرضة لشوارع المدينة تنشأ مع سطح الطريق حيث تشكل شكلاً بيضاوياً (Parabola) وهذا يجعل المسارات الداخلية ذات السرعات الكبير، اقل استوائية من الخارجية وكذلك فإنه يجعل الميول الأكثرحدة تجاه بواليع تصريف مياه الأمطار والتي تجعل الميا تنحصر في اتجاه البواليع وفي الشوارع الكبيرةجداً تعمل القمة البيضاوية مستوية للمسار الأوسط إلا إذا كان مياه الأمطار عميقة ايضاً.

ميل الاكتاف بالنسبة للمادة المنشأ منها الكتف:

جدول رقم (7- 1)

مادة الكتف	الميل بدون أطارف	الميل مع وجود أطاريف
أسفلت	5 - 3	%2
حصمة	6 -4	%4 -2
تراب	8 -6	%4 -3



Typical cross sections of modern highways

مقطع عرضي لطريق مبينا عليه تفاصيل الطريق

الشكل رقم (7- 4)

الوحدة الثامنة

تصريف المياه عن سطح الطريق

تصريف المياه عن سطح الطريق

Highway Drainages

سنتطرق في هذا الموضوع إلى كيفية جمع ونقل وصرف المياه السطحية التي تتجمع عند أوعلى أو قرب الطرق مباشرة في حرم الطريق أوتجمعات الجداول والسيول التي تقطع أوتجاذي حرم الطريق ويجب إضافة نفقات أخرى على الطرق من أجل أنشاء القنوات، والخنادق ولحواجز والمرات وأدوات مراقبة الحت، وكذلك على تنظيف وصيانة المصارف وإعادة البناء بعد كل فيضان أو خراب لهذه الوسائل.

ويتوجب إجراء مسح شامل لصرف المياه السطحية وكيفية مراقبتها والتحكم فيها ويبدأ ذلك يتقسم كامل المنطقة إلى إجراءلدراسة سقوط الأمطار عليها ثم تجمع هذه الأمطار في مجاري يتقسم كامل المنطقةإلى إجراء لدراسة سقوط الأمطار في مجاري كسيول خارج منطقة الطريق، وكذلك يجب دراسة المياه الساقطة على سطح الطريق مباشرة بدراسة الميول لهذه الطرق حيث تناسب مياه الأمطار على الجوانب وعليه يجب الانتباه إلى تصميم شبكات الصرف التي بدورها تنقل هذه المياه إلى الخارج حرم الطريق.

وتتلخص خطوات المسح الميداني في حقيقتين أثنتين هما:

1. هيدرولوجيا: تقدير القيمة القصوى لسقوط الأمطار التي نريد معالجتها.
2. تصميم هيدروليك: تصميم حجم ونوع الإنشاءات لتصريف هذه الكميات (الفيضان) وهاتين الحقيقتين تعطيان الدراسة بعدها الاقتصادي فهناك خسارة كبيرة للاقتصاد فيماإذا أغلقت الطريق وتوقف المرور والسير على الطريق نتيجة لفيضان المياه على سطح الطريق أو نتيجة لعدم تصريف المياه وقدرة المجارير أو القنوات على استيعابها بحيث تفيض على سطح الطريق، وعليه فإن التصميم الجيد هوالذي يستوعب كل ما سبق لـ (50) نسبة قادمة وليست(5) سنوات كما يصمم حالياً في المناطق المأهولة، وربما يكون الكلفة أرخص وخاصة في المناطق الخارجية في المناطق الخارجية المكشوفة على المدى البعيد لغمر الأراضي القريبة من الطرق السريعة بالمياه من أن تبدأ في أنشاء القنوات والعبارات والسدود.....

الهيدرولوجيا:

الهيدرولوجيا: هو فرع من الجغرافيا الطبيعية الذي يتعامل مع المياه على الأرض، وفرع الهيدرولوجياالذي يتعامل مع المهندسون لطرق هوالذي يتعامل مع التغير والشدة للترسيب والتغير الذي يحدثه الترسيب في جريان المياه الأعظم الذي يساوي أو يزيدعن القيم الحدية والمهم أيضاًهو توزيع هذا الترسيب على الفصول الذي يؤثر على القشرة الأرضية من حيث النمو(حشائش– اشجار– غابات...) وغيرها التي تعلل من عملية الحت والأذابة للتربة.

ويجب أن يكون مفهوما أن التخمينات لمستقبل المطر والجريان على السطح من النباتات والتسجيلات المجمعة كلها مبنية على الاحتمالات وفي عبارة أخرى وهي الفرصة في حدوث أوعدم حدوث الشيء.

ولتوضيح ذلك اعتبرأن عبارة صممت لاستيعاب(50) نسبة فيضان، هذا يعني أن نسبة امتلاءالعبارة أوفيضان العبارة سيكون(1: 50) في سنة أو فترة معينة وهذا لا يعني أن التصميم للفيضان أو أكبر من ذلك سيحدث بالضبط مرة كل 50 سنة في الحقيقة أن الفرض هي(64) في المائة أن يحدث الفيضان بهذا المقدار في مدة (50) سنة وعلى الناحية الأخرى فمن الممكن حدوث عدة الفيضانات مثل هذا أو بمقدار أكبر في سنوات متتالية أو في سنة واحدة ولكن حدوثهما معاً هو نادر للغاية.

ويحدث الترسيب على مطر أو شكل ماء متجمد المسمى بالثلج ويحدث هذه الظاهرة حين تجبر طبقة لهواءالدافئ الرطب في طبقات الجو العليا عندمروره على القمم الجبليةالعالية على الصعود إلى أعلى بسبب كتلة هوائية باردة أوتصعد إلى هواء أبرد كما في العواصف الصيفية الرعدية، وأن مدة وشدة الترسيب الحاصلة هذه العواصف تختلف اختلافاًبيناً ومن أسباب تكون الترسيب أيضاً تغيران الجو الأرضية ونسبة الرطوبة الجوية للهواء، سرعة الرياح واتجاهه وارتفاعه، ويتبع هذا أن المعلومات المجمعة من أجهزة أقيسة المطرفية أماكن مختلفة تعطي فقط ترسيباً تقريبياً في كل منطقة وسيكون لاختلاف ملحوظاً على طول خطوط الطرق

الخارجية، بعض من الترسيب والمطر المتساقط يتبخر أثناء ونزوله في طبقات الجو وبعضا بحجز على أوراق النباتات، وبعضه يتبخر ثانية ويعود إلى طبقات الجو عن طريق ما يسمى النتج للنباتات وجزء من هذا المطر والجريان ينزل إلى باطن التربة إلى باطن التربة حيث يغذي الآبار الجوفية والينابيع وما تبقى من كل ما ذكر أعلاه يجري على السطح في هيئة جداول وأنهار وسيول تصب في النهاية في المحيطات أو في أحواض مجمعة للمياه كالسدود والبحيرات الصناعية، وهذا يعتمد على ميلانات الاسقف والشوارع والتربة بأنواعها خاصة الصخرية منها، وأيضاً فإن ذوبان الجليد وهذه الميلانات والكميات الضخمة للجليد تسبب الجريان على سطح الأرض.

وكلما كانت القنوات أكبر كلما تستطيع صرف كميات أكبر من هذه المياه المجمعة وتحويل وجهتها إلى أماكن تجميع وهكذا.

وتبين مما ذكر أن تحيد القيمة القصوى للجريان من جداول الأمطار تصبح أكثر صعوبة.

الجريان من سجلات تدفق الأدوية والجداول:

(Runoff from Stream How recods

حيث توجد محطات قياس على الأدوية والجداول فإن القرارات المسجلة الشكل رقم(8- 1)تبين مقدار تذبذب حدوث الفيضان وماإذا كانت مساوية أو أكثر في المقدار عن ماسواها الطريقة النسبية (the rational Method)للحساب بهذه الطريقة لكمية التدفق تستخدم المعادلة $Q = C\,i\,A_d$ (الفرن الواحد=4 دونمات).

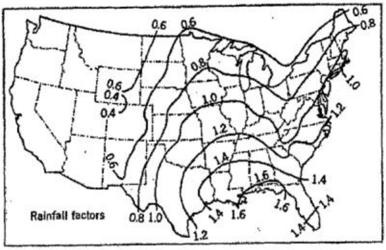
وهذه المعادلة ليست صحيحة الأبعاد بالمطلق ولكنها حسابياً تعطى نتائج صحيحة حيث أن(1 انش في الساعة لكل فران،(1) قدم مكعب/ثانية تعطى نفس الكمية من المياه في وحدة الزمن ضمن(0.8٪).

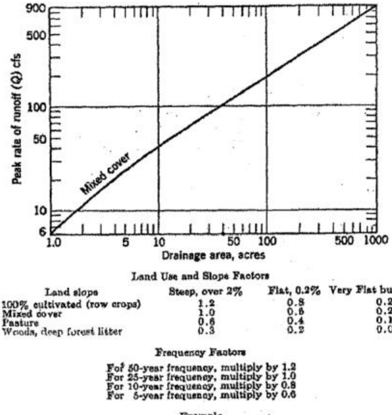
نوع منطقة الصرف	المعامل (2) للجريان السطحي
خرسانة أو سطح أسفلتي	0.9 – 0.8
طرق ذات فراشة حصوية مفتوحة	0.6 – 0.4
أرض مكشوفة	0.8 – 0.2
أطاريف وسطية	0.4 – 0.1
حقول راعية (مزروعة)	0.4 – 0.2
مناطق حرجية	0.2 – 0.1

جدول رقم (8- 1)

هذه الأرقام تعني أن إذا أهطل 1م^3 من الأمطار فإن ما نسبة(80٪- 90٪) ينساب على السطح من هذا المتر المكعب.

وحيث أن غطاء الأرض غيرمتشابه فإن منطقة الصرف في بعض الأحيان تقسم إلى مناطق أصغر ويحسب معامل مزدوج بوزن كل معامل لكل منطقة وفقاً للمساحة.





Land Use and Slope Factors

Land slope	Steep, over 2%	Flat, 0.2%	Very Flat but No Ponds
100% cultivated (row crops)	1.2	0.8	0.25
Mixed cover	1.0	0.6	0.2
Pasture	0.6	0.4	0.1
Woods, deep forest litter	0.3	0.2	0.05

Frequency Factors

For 50-year frequency, multiply by 1.2
For 25-year frequency, multiply by 1.0
For 10-year frequency, multiply by 0.8
For 5-year frequency, multiply by 0.6

Example

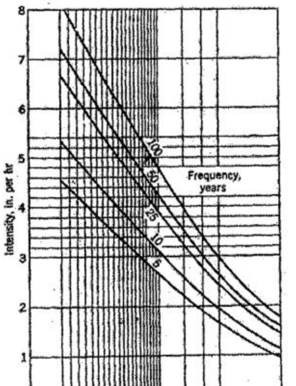
100 acres of pasture land in southern Ohio. Slope 0.2 ft per 100 ft. Design is for 10-year flood frequency.

Q	=	200	×	0.9	×	0.4	×	0.8	= 60
Runoff in cfs		Runoff from chart		Rainfall factor		Land use and slope factor		Frequency factor	

Peak rates of runoff from small watersheds in humid regions (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم (8- 1)

شدة السقوط للمطر (i) يتم الحصول عليه من التسجيلات من دائرة الإرصاد الجوية سقوط الأمطار مقابل مدة وقت السقوط لفترات التكرارالمختلفة شكل رقم(8- 2) واختيار القيمة الحقيقية لشدة سقوط المطر يعتمد على التقدير المتكرر المقبول للحدوث الفيضان المصمم ووقت التركيز للمنطقة ووقت التركيز للمنطقة هو الفترة المطلوبة للمياه للوصول للمخرج من أبعدنقطة في الحوض وفي بعض الأحيان فأن بعض البيانات يمكن الحصول عليها وقت حدوث التدفق على المنطقة حتى الوصول للقنوات المحددة والوقت التقريبي لتدفق القناة ممكن الحصول عليه من خلال القراءات المسجلة المرئية أوالمقدرة للسرعة.



Rainfall intensity, duration, and frequency for the southern one third of Ohio (Courtesy Ohio Department of Highways)

الشكل رقم (8- 2)

والمعادلات التي تعبرعن الوقت المركز معلومية خصائص تساقط المياه قد طورت ن قبل وكالات متخصصة وتحددمساحة الصرف A_d والخطوات من الخرائط الطبوغرافية، والصور الجوية، ومن المسح التقريبي الذي يعتمد بدقة على أدوات المساحة كالبوصلة والدقة لاتكون مطلوبة هنا وتعتمدالطريقة النسبية على:

1. أن الحوض في حالة أتزان(الخارج من التدفق للحوض يساوي كمية المطر- الكمية المحجوزه على الحوض الذي يعتمدعلى خصائص الحوض).
2. أن شدة سقوط المطر متساوية على كامل المساحة متجاهلاً العناصر الأخرى المؤثرة.
3. حدوث الفيضان يكون بنفس التذبذب لزيادة تدفق مياه الأمطارمعتمداً على طبيعة السطح والعوامل الأخرى وهنا يعتبر الجريان السطحي الأعظم سيحدث فقط باتحاد وجمع المطر الغزير والمطر السابق عليه.

إذا عمل التصميم لحدوث مرة لكل عشرة سنوات سقوط أمطار والأرض رطبة قبل حصوله هذه العاصف ولكن مرة في خمس مرات فإن احتمالية حدوث الفيضان هي $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{5}$ أو $\frac{1}{50}$ أو مرة في 50سنة.

المعادلة النموذجية (Empirical Formula)

المعادلةالمستخدمة هي: $a = CA_{d^{3/4}}$

حيث a فتحة التصريف بالأقدام المربعة.

c معامل قيمة ما بين (1.00) للسطح المنحدر كثيراً؛ والأرض صخرية إلى(0.6) للمناطق الجبلية متوسطة الانحدار إلى(0.2) للمساحات المستوية غيرالمتأثرة بالثلج هذه المعادلة لحساب فتحة التصريف التي تستوعب الفيضان الأعظم لمياه الأمطار.

إيجاد كمية الجريان السطحي من وحدة الهيدروجراف:

الهيدروجراف هو رسم التدفق على المحورالصادي مقابل الوقت على المحو السيني، والهيدروغراف بين خصائص نزول الأمطار على الحوض وقد لاحظ أن ضمن حدودمقبولة لكمية سقوط مطرمشابه لنفس الفترة والتوزيع سينتج وحدة هيدروغراف متشابهة لنفس الشكل.

مبادئ التصميم الهيدروليكي Hydraulic Design Princples

مبادئ التصميم الهيدروليكي للطرق السريعة يطبق المبادئ الأساسية لتدفق السوائل خاصة المتصلة بالقنوات المفتوحة والأنابيب المغلقة أوالعبارات وفي جميع الأحوال فالحلول مواجهة إلى المشكلة الرئيسية في احتواء الحجوم الكبيرة من مياه الأمطار، وللتوضيح فالفتحات الموجودة عبرالطريق تعترض المياه التي تنساب على الأرض في حرم الطريق، وكذلك ومرة أرى فالمياه المتجمعة من الأدوية الصغيرة يمكن تجميعها وتمريرها تحت الطريق في نقطة تجمع واحدة(موقع واحد)، وكثيراً ما تحول هذه الأدوية الصغيرة إلى القنوات التي تختلف في طولها ومقطعها وخصائص الجريان منها، هذه الأمثلة تبين أن أغلب كل تغيير يقلب التوازن الناتج عن العواطف غيرالمعدودة سابقاً، وعلى الأخص أن هناك احتمالية لسرعة أعلى للتدفق من تلك التي تسبب الحت المكلف غير المرئي.

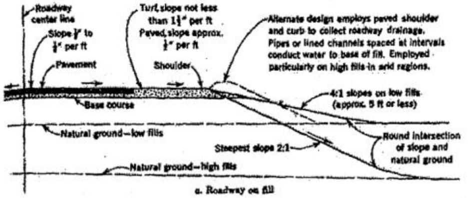
والحت بدوره يخلق بقايا التي تنتقل في المجاري السفلية وتترسب عند النقاط التي عندها تقل السرعة(تتكسر عندها السرعة) وتجمع المياه في برك على جوانب الطرق يمكن أن يخلق مشكلة تبين من حيث إيجاد وسط لتوالد التعوض الذباب وغيره وكذلك فإن تسرب المياه من هذه البرك إلى الطريق يضعف البنية التحتية لطبقات الطريق. والتغيرات اللازم في التصحيح يجب أن لا تخلق عند أي نقطة سرعات تؤدي إلى خلق مشكلات حت جديدة.

وقاعدة أخرى في التصريف أن جميع المياه يجب تصريفها بعيداً وبعد كل عاصفة مطرية(سقوط أمطار) عن جسم الطريق.

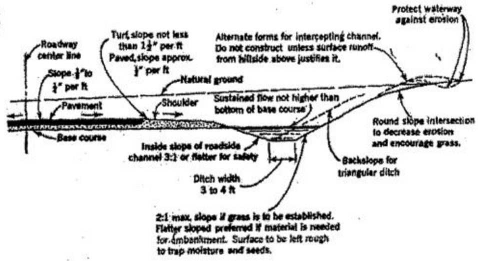
تصريف المياه عن الطريق وجوانب الطريق (طرق زراعية – ريفية)

Drainng the Roadway and roadside

المياه المتساقطة على سطح الطريق تعرف أماجانبياً أو قطرياً تحت تأثير ميل مقطع الطريق أو التعلية في رصفه الطريق والاكتاف والشكل رقم(8- 3) يبين مقطعاً نموذجياً لميل المقطع(طريق ريفي مزدوج المسارب فحينما ينشأ الطريق على طم فإن المتداول أن يسمح للمياه بالسيلان أوالجريان إلى الاكتاف ومن ثم إلى أسفل الميول الجانبية للأرض الطبيعية ويحدث حت بنسبة بسيطة إذا رضعت هذه الميول، بينما إذا لم يكن هذه الميلانات محمية يمكن أن تنجرف بشدة إذا ما كانت التطعجات في سطح الطريق أوالاكتاف والتي تركز هذه المياه في جداول صغيرة ومن تقنيات منع هذا الانجراف لميلانات الجوانب هو تجميع هذه المياه على الحافة الخارجية للاكتاف كما هو مبين في الشكل (3/أ).



a. Roadway on fill



b. Roadway in cut

FIG. 3. Typical highway cross sections incorporating good drainage features.

الشكل رقم (8- 3)

وآخر وللرصفات/الطريق الخرسانية تعمل جافة واطئة أوشفة واطئة في الحافة الخارجية لجسم الطريق وهنا سيكون تجمع مياه باتجاه طولي مع حافة سطح الطريق.

وحين يكون مقطع الطريق(قص) (Cut) فإن المياه من؟؟؟؟ من مسافات بعيدة تجمع في قناة جانبية على الطريق مقطعها ذات شكل شبه منحرف أومثلث وأبعاد هذه القنوات وميلا وخصائصها الأخرى يقررها كمية التدفق الذي ستستوعبه هذه القنوات والشكل(3- ب) بين القنوات الاعتراضية التي تسمى احيانات حفرة التاج (Crown ditch) ممكن استخدامها على أعلى ميل القطع.

تصريف المياه عن الطريق في المناطق المتحضرة(العمرانية)

تسيل المياه المتساقطة على أو على القرب من شوارع المدينة وعلى الطرق السريعة أوالطرق الحرة تسيل هذه المياه بإتجاه مصارف مياه الأمطار ثم إلى خطوط صرف مياه الأمطار تحت الشارع.

توصيلات هذا النوع تبدو مكلفة مقارنة مع يناسب المناطق الريفية وهذه الكلفة مقدرة حيث أن الطرق الحضريةالعمرانية تستوعب كمية كبيرة من المركبات وكذلك تخدم المشاه وعلى الطرف الآخر فأن الخراب الذي يحصل في المناطق العمرانية نتيجة للفيضان يكون أكبر كثيراً.

وتصمم البلاعات ومصارف المياه على الطرق الحضريةالعمرانية لتحد من أنتشار سرعة المياه على سطح مسارب الطريق ومن المفترض أن لا تنتشر المياه بأكبر من مترين من المصرف باتجاه أعلاالمسرب لعاصفة أمطار مدتها(20) دقيقة وسنة فترة تكرار وعودة.

ومن الملاحظ أن عواصف الأمطار ذات الفترة القصيرة تكون شدتها أعلى بكثير، لدرجة أن السيارات تسير ببطء شديد بسبب عدم وضوح الرؤيا بسبب كثافة المطرالمنهمر على زجاج السيارة بحيث أن المساحات على الزجاج لا تستطيع إزالة مياه المطر كلية عن الزجاج.

ودورة العاصفة المطرية السنوية تحددالمسافات بين البلاعات اومصارف المياه ويتوجب أن تكون فتحات هذه المصارف تستوعب كمية المياه المتدفقة فيها وعليه يتوجب أن تكون فتحات هذه المصارف أوطأ قليلاًمن مستوى الاسفلت، وفتحات المصارف والبلاعات يجب أن تصمم بطريقة المعادلة النسبية باستخدام معامل جريان حوالي(0.9) إذا كانت الشوارع والمنطقةجميعها مزفتة، أما الأنابيب الأكبر للصرف تحت سطح الشارع فيجب أن تصمم مدة عودة أقلها(10) سنوات والأكثر قبولاً أن تصمم لمدة عودة مقدارها(25) سنة إذا كان فيضان المياه بشكل نتائج خطيرة وأنابيب مياه الإمطار غالباً ما تصمم على أنها مملوءه كاملة أي أن مقطع الأنابيب يكون ممتلئاً ويعمل تحت الضغط، أما إذا كانت العبارة أو المجرى على شكل مستطيل أو شبه منحرف مفتوح فيعمل التصميم على أنها مملوءة تقريباً.

القنوات Channels:

جميع المنشآت المائية تصمم على أنها مملوءه أو شبه مملوءة بالمياه، وتستخدم المعادلة التالية للتيار المنتظم التي يسمى معادلة ما نتج Manning Formula وهي: $V = \frac{1.486}{\eta} R^{2/3} S^{1/2}$

حيث:

V : متوسط السرعة قدم/الثانية

R: ثابت ما نتج للخشونة (Roughness Coefficent) الجدول رقم (2)

R: القطر الهندروليكي بالقدم = $\frac{\text{مساحة مقطع التدفق}}{\text{المحيط المبلول للقناة}}$

Z: ميل القناة

η Table 2: Representative Values of Roughness Coefficient for Various Channel Linings

Manning Formula

Type of Lining	Value of η
Ordinary earth, smooth graded	0.02
Jagged rock or rough rubble	0.04
Rough concrete	0.02
Bituminous lining likely to be wavy	0.02
Smooth rubble	0.02
Well- maintained grass – depth of flow over 6 inches	0.04
Well – maintained grass- depth of flow under 6 inches	0.06
Heavy grass	0.10

جدول رقم (8- 2)

Also:

$$Q = VA = \frac{1.486}{\eta} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Where: Q = discharge, cubic feet per second.

A = area of the cross section, square feet.

في بعض الأحيان تحدث والمعادلة لتعطي الأبعاد لقناة أو مجرى مائي مغلق (أنابيب) مباشرة المياه المناسبة على ميل أو انحدار بسيط في قناة مفتوحة يكون في حالة سكون/هدوء ويسمى التدفق الهادي/العطيئ (Tranqlid How) والمياه المنسابة على ميل انحدار كثير في قناة ومفتوحة يكون في حالة سرعة ويسمى التدفق السريع (Rapid How) كما في الشكل رقم(8- 4).

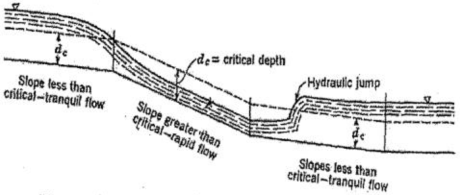


Diagram illustrating the effect of critical depth on flow in open channels and partially full culverts

الحل المناسب لمشاكل القنوات يعتمدعلى هذا الفرق، فالتدفق الهادىء يحصل حين يكون عمق الماء في القناة يتجاوزالعمق الحرج (Critical depth) أي أكبر،التدفق السريع حين يكون العمق أقل من الحرج، وطبيعياً فإن العمق الحرج يوضح بالعمق الذي عنده يتدفق الماءمن فوق الهدار (Weir)، وحسابيا فالعمق الحرج يحدث عندما يكون عمود السرعة $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ هو نصف العمق الحرج وعليه فإن العمق المتوسط هو مساحة مقطع التدفق مقسوماً على عرضه عند سطح السائل، ويتيح هذا أن العمق الحرج مستقلاً أومنفصلاً عن ميل القناة والخشونة وله قيمة ثابتة طالما أن كمية التدفق وأبعاد القناة تبقى ثابتة.

ويجب الملاحظة على أي حال على أن خشونة القناة لا تدخل في حسابات الميل الحرج (Critical Slope) الذي عنده يحدث تدفق منتظم عندالعمق الحرج، وتأثيرالعمق الحرج على الخصائص مبين في شكل(4)، عند قمة الميل المنحدر القوي، فإن إزدياد السرعة بين التدفق الساكن(الهادئ) والتدفق السريع يحصل بسهولة لمسافة قليلة ويبدأ هبوط مستوى سطح الماء على الجهة العليا من التغيرفي الميل، وحيث ميل سيل المياه ينبسط مرة أخرى فإن التحول من التدفق السريع إلى التدفق الهادئ يحدث فجأة في الفقر الهيدروليكي (Hydraulic Hump) الذي فيه يمتص التدفق الدوامي (Turbulance) جزءاً من الطاقة للمياه المتدفقة، وعلى مسافة من

السيلان السفلي (down stream) من القفز الهيدروليكي يتقلطح ميل القناة حتى أكثر، فيسبب هذا ازدياداً في تناقض السرعة وزيادة في عمق السيلان الذي يبدأ على مسافة أعلى السيل (Upstreaw) من المستوى المتغيركما في الشكل(1- 4).

والهدف من تصميم القنوات هو إيجادالمقطع الذي سيكون أرخص للإنشاء والصيانة وميل الجانب بنسبة(1:2) أو أكثر استوائية ضروري إلا في التربة الصخرية أوالتربة الصلبة، أوحيث تبطن القناة، وللقنوات غيرالمبطنة فإنه يعمم أن أفضل مقطع هو الذي له أقل مجموع حفريات، وهذه القاعدة تطبق فقط حينما تكون أنجاز الحفريات بالأدوات والطرق العادية، وتصميم القنوات المفتوحة يمكن تنفيذه باستخدام معادلة ما نتج حسابياً، وبالإمكان استخدام الجداول (جدول مانتج) لسهيل عملية التصميم دون حسابات، كما هو موضح في الجدول رقم(8- 3) شريطة استبعاد إمكانية الحت في حدود معينة.

والجدول التالي يبين السرعان القصوى الأمنة عند استبعاد إمكانية الحت (Erosion)

Maximum Safe Velocites When Channel Erosion is to be Prevented

Type of Lining	Allowable Velocity Ft per Sec
Well- esrablished grass on any good soil meadow type of grass with short, pliant blades, heavy	6
Stand, Such as bluegrass	5
Bunch grasses, exposed soil between plants Grains, stiff – stemmed grasses that do not bend over	2-4
Under shallow flow	2-3
Earth without vegetation	1-2
Fine sand or silt, little or no clay	2-3
Ordinary from loam	4
Stiff clay, highly colloidal	4
Clay and gravel	4
Coarse gravel	5
Soft shale	

الجدول رقم(8- 4)

السدود المؤقتة وحواجز التحويل (DIKES):

حواجزالتحويل هي حواجز ترابية تنشألتحتوي أو تحول سيلان التدفق وحيث الانشاءات تكون فوق المستوى الموجود للأرض تستخدم الحواجز فقط، وهذه السدود أوالحواجز أوكليهما تعتبر الأكثر اقتصاداً حيث يمكن أن تعمل الحواجز من حفريات القناة وكانت هذه الحواجز تعمل سابقاً بالقاء بقاياالحفريات عشوائياً في منطقةمعينة(طمم فائض) من حفريات النباتات مثلاً، ولكن حالياً يجب أن تكون هذه البقايا مفروشة على طبقات ومدموكة أن استخدمت في أعمال الطرق.

وأوجه الحواجز المحمية المعرضة لسيلان المياه الخفيف تكون معرضة للحت ولمقاومة ذلك تعالج كماتعالج القنوات المفتوحة، وكذلك فإن حماية الجوانب بالصخر والاسلاك قد أثبت فعاليته أمام سيلان المياه أوحتى انهيارالتربة.

العبارات Culverts:

التعبير يشمل كل أنواع النواقل المغلقة المستخدم للصرف على الطرق عدا مياه أمطار الشوارع، والعبارات أكثر شمولاًمن الجسور حيث تحتاج للأخير إلى تصميم يختلف في كل حالة.

انواع العبارات Culvert Types:

أكثر الأنواع شيوعاً وموادها ومقاطعها مبنية في الجدول رقم(8- 5) فللفتحات الصغيرة تستخدم المواسيرالموجودة في الأسواق، أماالعبارات ذات القوس المحدب من أعلى فيستخدم إذا كان الارتفاع محدوداً فوق القوس المحدب.

وللفتحات المتوسطة فالأنابيب والعبارات الصندوقية هي الأفضل، وللفتحات الكبيرة فالمقاطع ذات العين أوالفتحة الواحدة أوالعبارات الممتدة لجسور هي المفضلة، واستخدام المواسيرالخرسانية المسلحة اوغير المسلحة في بعض الاحياء لنفس الغرض السابق.

وتستخدم عبارات الجسور بدلا من العبارات الصندوقية اذا كانت الاساسات غير قابلة للتعرية ولا تحتاج الى اجنحة غالباً، وربما تكون العبارات القوسية المحدبة اقتصادية اذا كان الطمم فوقها كبيرا حيث كمية المرور كبيرة.

وفي الأحوال العادية فإن اختيار نوع العبارة ومادتها يؤسس على أساس الكلفة التنافسية وطبقاًبعض العوامل ممكن أن تتحكم في ذلك فعلى سبيل المثال وجود المادة المسارعة للصدأ في تربة ما تمتع استخدام بعض المواد إلا إذا اتخذت بعض الاحتياطات التي ينصح بها.

ومـرة أخـرى إذا كـان موقـع الإنـشاء طرفيـاً فـإن الاحتمالية والـسهولة في الأنشاء يفضل أن يكون بإستخدام المقاطع سابقة الصنع، وفي بعض الأحيان فإن عدم وجود فنيين مدربين مهرة وكذلك الوقت ممكن أن تتحكم في التنفيذ التصميم.

وعلى أي حـال فإن القـرار يجب أن تبني علـى جميع الاحتمالات التي وردت سابقاً.

النوع	المقطع	المادة
Culvert Type	Typical Cross Section	Common Materials
Pipe, single or multiple		Corrugated metal, plain or reinforced concrete, vitrified clay, cast iron
Pipe arch, single or multiple		Corrugated metal
Box culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Bridge culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Arch		Reinforced concrete, corrugated metal, or stone masonry arch on reinforced-concrete foundation

Common culvert types and materials

انواع العبارات ومقطعها وموادها

الشكل رقم (8- 5)

الموارد المستخدمة في أنشاء العبارات Materials in culvert:

1. من الخرسانة المسلحة (عبارات صندوقية – قوسية،.....) لأرضية وسقف وجدران العبارة.
2. من المعدن المدهون والمعزول ليقاوم التآكل والصدأ.
3. من الحجارة وخاصة للعبارات القوسية(السقف على شكل قوس).
4. من طوب المقصور من الداخل للجوانب، والأرضية من الخرسانة أوالحجر والسقف من الخرسانة المسلحة.
5. من الخرف المزجج(مواسير ذات أقطار متواضعة) كعبارة طولية غالباً.

الأحمال والضغوطات على العبارة Culvert loads and stresses:

تتعرض العبارة لأحمال علوية عامودية كعجلات المركبات ووزن المركبة وزن الطمم وكذلك لأحمال أفقية من ضغط التربة، وعلى الأخص العبارات الأنبوبية تتعرض لأحمال لا يعرف مقدارها بدقة ومن العوامل الكبيرة المؤثرة سمك الغطاء، طبيعة وكثافة التربة من أعلى وعلى الجوانب، عرض وعمق والخندق، التغير في المواسير تحت ثقل الأحمال وطريقة الأنشاء في الميدان.

وتعتمد حسابات الضغط على الافتراضات بالنسبة لطريقة الارتكاز تحت الماسورة والنتائج تبدو بعيدة ما بين نقطة الارتكاز على سطح المستوى للخندق والارتكاز الموزع عندما يكون الأنبوب مدفوناًبعناية أومحملاً على الخرسانة.

تركيب العبارة Culvert Installation:

تركيب العبارات كما تنص عليها المواصفات مع العطاء العناية الخاصة الأرضية العبارة، والطمم لحماية العبارة نفسها ولحمايتها أيضاً من أي هبوطات، فللطمم يفضل أن يكون ذو رطوبة نسبة محسوبة ويوضع على طبقات ويدمك بمطبات ميكانيكية(زجاج نطاط) والبعض يسمح باستخدام الرمل والحصمة كمادة طمم.

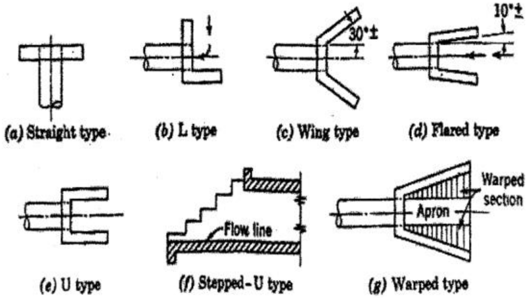
حوائط البداية وحوائط النهائية (head walls and Endwalls):

تبدأمعظم العبارات بحوائط بداية عندطرفها العلوي وتنهي في نهايتها السفلي بحوائط النهاية، وحوائط البداية توجه تدفق المياه إلى العبارة وحوائط النهاية تسمح بتدفق المياه من نهاية العبارة إلى القناة الاعتيادية، وكلاالحائطين يحميان العبارة من الانهيار تحت ضغط مياه الفيضان ومن الأشكال المتعددة لهذه الحوائط ما هو مبين في الشكل(7) وتنشأ هذه الحوائط في البداية والنهاية من الخرسانة المسلحة في الموقع.

ويفضل في بعض الأحيان بناء قواطع (Cut offwalls) تمتد تحت المنسوب المتوقع للرواسب وتستخدم الحوائط المستقيمة عندالبداية والنهاية للعبارات الانبوبية الصغيرة، ولكن هذه لاتعتبر ذات كفاءة إلا إذا كانت زواياها مستديرة.

والنوع (L) من حوائط البداية يوجه تدفن المياه من قنوات الشوارع إلى العبارة تحت سطح الطريق.

وللعبارات الكبيرة فيستخدم حوائط الأجنحة (Wing Type) كما في الشكل رقم (8- 6) بشكل كبير، ويقدر الفاقد عندالمدخل يبلغ حوالي (15٪) من السرعة الرأسية إذا ما قورنت بفقد مقداره (15٪) بتصميم مداخل هيدروليكية.



Typical headwalls and endwalls for culverts.

حوائط بداية ونهاية العبارات (اشكالها وانواعها)

الشكل رقم (8- 6)

التحكم بالبقايا:

يحمل الفيضان غالباً كميات كبيرة من الاغصان،الاشجار، شجيرات تسبب إنسدادمدخل العبارة، ويرتفع منسوب المياه حتى يصل على منسوب الشارع وربماأكثر منذ ذلك، ولتلافي ذلك تركب على المداخل شبك حديدي ذو فتحات تحجز هذه المواد خلفها وتمرر المياه من خلال فتحات الشبك، وكذلك يجب التخلص من الحجارة الكبيرة أيضاً.

عبارات المواسير: pipes culvers

حسنات عبارات المواسير(عين واحدة او اكثر) (Precast Pipes)

عادة تكون هذه المواسير مصبوبةمسبقاً وتركب في موقع العمل غالباً بطريقة الرأس والذيل، وتكون بأطول قصيرة أو طويلة فالقطعةالواحدة يتراوح طولها ما بين(80) سم ومترين وتجمع هذه القطع لتعطى شكل وطول العبارة التي تفي بالغرض حسب التصميم المطلوب.

حسنات هذا النوع من العبارات:

1. سهولة تركيب هذه المواسير والسرعة في الإنجاز خاصة عندالتقاطعات بحيث لا تعطل السير.
2. لا تحتاج على عمالة فنية ماهرة.
3. يمكن تركيبها في جميع الظروف الجوية.
4. تركب حينما يكون ارتفاع الردم قليل.
5. يمكن نقل المواسير أوأنشاء العبارة مؤقتة وتغييرمكانها لاحقاً.

ومن سيئاتها:

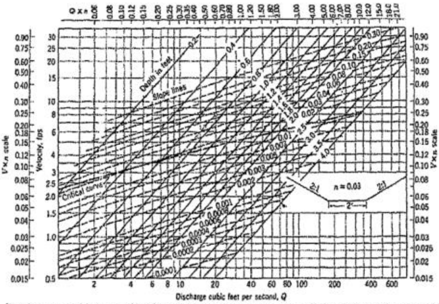
1. ثقيلة الوزن.
2. تحتاج إلى آليات لرفعها وتركيبها في المكان.

حسنات عبارة الصندوق (Box Culvert):

1. تستوعب كميات كبيرة من مياه الفيضان حسب عدد الفتحات.
2. تستخدم حينما يكون الردم(الطمم) عليهاكبيراً.
3. أقوى من النوع عبارات المواسير ويدوم طويلاً.
4. تستخدم مقاطع الطريق الكبيرة أيضاً والصغيرة منها.
5. تستخدم حينما تكون التربة ضعيفة نسبياً.

مساوئ عبارة الصندوق:

1. تحتاج إلى معدات أنشائية كثيرة.
2. كلفة عالية إذا ما قورنت بالعبارة الانبوبية.
3. تحتاج إلى صيانة دائمة ودورية.



Flow in a trapezoidal channel with 2-ft flat bottom and sides on 2:1 slopes. Critical depth is independent of channel roughness and must be read only from Q scale; critical slope is dependent on channel roughness and is read at intersection of critical depth and vertical line Q·n (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

Example 1. Given: Discharge, $Q = 150$ cfs; roughness, $n = 0.03$; slope, $S = 2\%$ or 0.02. Read upward from $Q = 150$ to intersection with $S = 0.02$, and find normal depth, $d_n = 2.5$ ft and normal velocity, $V_n = 8.5$ fps. Also, for $Q = 150$, critical depth, $d_c = 2.8$ ft; critical velocity, $V_c = 7.0$ fps. and critical slope, $S_c = 0.013$ or 1.3%. Thus flow is supercritical and control is upstream.

Example 2. Given: Discharge, $Q = 10$ cfs; roughness, $n = 0.06$; slope, $S = 0.5\%$ or 0.005. Read down from $Q \times n = 10 \times 0.06$ or 0.6 to slope, $S = 0.005$, and find normal depth, $d_n = 1.4$ ft and $V \cdot n = 0.09$. Compute $V = 0.09/0.06 = 1.5$ fps. To find critical depth and critical velocity for 10 cfs discharge, read upward from $Q = 10$ to critical depth, $d_c = 0.72$ ft, and critical velocity, $V_c = 4.0$ fps. Critical slope for roughness, $n = 0.06$ is read at intersection of diagonal line $d_c = 0.72$ and $Q \cdot n = 0.6$ and equals 0.07 or 7%.

جدول رقم (8- 3).

الوحدة التاسعة

رصفة الطرق

أسطح مكادام Macadam Surfaces:

أساسات مكادم Macadam Bases:

مقدمة:

التعبيرأوالاصطلاح مكادم استخدم لسطح الطريق أوالاساس الذي فيه تطحن أو تكسرالصخور الأصلية النظيفة وتعشق فيما بنيها بواسطة الزوايا وتدحل جيداً وتفرش عليها طبقة عن صخور مطحونة اقل حجماً من الأولى(حصمة) لإغلاق الفتحات وترش بالماء ثم تدحل ثانية.

ومنذ استكشاف مادة الاسفلت استخدم الاصطلاح مكادم السادة (Plain Macadam) أومكادم الاعتيادي وفي بعض الأحيان المكادم المائي لتميزه عن المكادم الاسفلتي الذي يستخدم فيه الاسفلت كمادة رابطة، وبدأ استخدام المكادام الاسفلتي بشكل واسع إلا أن الطبقة تحت الأساس بقيت كما هي في مكادام العادي، وكذلك النوع المسمى (Water bound Macadam) كطبقة أساس وفوقها طبقة مخلوطة من الحصمة والاسفلت وقدحسن العالم تريز وغيف من عملية الصرف وصمم الميول ب القوسي واستخدم الحجارة كأساس وقلل عمق الطبقة الحجارة المكسرة إلى(25) سم فقط.

وبعدالعالم تبرزوغيف إلى العالم تبلفورد وأنشأالطرق كما هي معروفة حتى اليوم، وبطريقته فإن سمك الأساس كان من بين الصخر أوالحجارة المكسرة ذات الحجم(7سم × 12سم × 15سم) (السمك× العرض× الارتفاع على التوالي) والسطح ما بين(10- 12سم) سمكها، وكان طبقة الأساس مستوية وقمة صغيرة عندالسطح في الحجارة بارتفاعات مختلفة، وطور مكادم طبقة الأساس لتكون من الحجارة المكسرة التي لا تتجاوز قطرها(2.5سم)،(وأغفل طبقة أساس بتلفورد من الدبش الكبير) وكانت سماكة السطح لا تتجاوز (25سم)، ولها قمة مقدارها(7.5سم) لكل 30قدم عرض طريق، واعتمدت على الدمك من مرور

الحافلات والسيارات التي تستخدم الطريق ويستمر الدمك هكذاحتى يصبح السطح ناعماً ومستقراً، وقدبينت الطرق بطريقة ما تدام سميكة كثيراً أكثر من(20)سم ونادراً ما كانت أقل من ذلك ولكن حين تبين أن طريقة مكادام للاسطح مانع للماء بينت الطرق بسماكات أقل من (20) سم وعمق(15)سم بعد الدحل أصبح نموذجياً.

أسطح مكادام Macadam Surfaces

طبقة تحت الأساس والأساسي:

بنيت طبقات مكادام العادية على ترية تحت الأساس والتي كانت قد حفرت باليدبعد تمشيط وتسوية الطريق الخشنة وهذه الطبقة تحت الأساس كانت على صورةخندق غيرعميق عامودي الجوانب الطريق عرضه قرابة(1) متر من كل جانب.

دمكت التربة بعناية وأغلقت جميع البقع الطرية أوازيلت وأغلقت بمادة صلبة، وتحتاج طبقة تحت الأساس المحفورة هذه إلى تصريف المياه من خلال الاكتاف، وعند دحله ودمكه بمدحلة ثقيلة من وزن(10) طن أصبح تحت الأساس، هذاجاهزاً لإستقبال الحجارة المكسرة لرصفة مكادام، وقد تم دمك الجهات داخل حواف الكتف أيضاً ولا يمنع التقوسات في طبقة ما تحت الأساس إلا التحضير الجيد.

وخندق تحت الأساس على أي حال كان من الصعب إجراءالتصريف له وضعيف عندالخوف ولجميع أنواع، أما الأوجه الحديثة فقد استبعدت بسرعة من أجل طبقة أساس كاملة العرض بين حواف الاكتاف.

وحيث تتواجد أرض رخوة أو طرية فقد كان من الشائع أن تؤسس بطريقة تلفورد لأسطح مكادام كتحديث بطريقة تريزوغيف كما في الشكل رقم(9- 1).



Laying telford foundations in Mercer County, Pa., 1911

الشكل رقم (9- 1) يبين فرش أساس تيلفورد

وهي رصفة من الحجارة الكبيرة تفرش على كامل عرض الطريق بشكل عامودي على قاعدتها السميكة وقطرها الأطول على سطح الأرض، هذه الحجارة طولها يتراوح ما بين (25- 35سم)، وعرضها يتراوح ما بين (10- 15سم)، وعمقها يتراوح ما بين(15- 25سم) وتوضع هذه الحجارة يدوياً على العرض المحفور والمرتفع قليلاً من المنتصف ثم تحشى الفراغات بين هذه الحجارة وتكسر الزواياالناتئة ثم تدحل هذه الرصفة ولكن يجب إغلاق البعض بقع الأرض الرطبة، الرخوة بمادة من حصمة جيدة بسمك من(5- 7) سم حتى لا تسبب هذه البقع أي هبوط أو تغير للرصفة لاحقاً.

مواد طرق ماكادم Material for Macadam Roads:

حيث أن الصلابة والقوة والربط متلازمات للصخور فقد أصبحت هذه الصفات هي المعتادة لمعايرة الحجارة لسطح مكادم وغيرها من الأسطح وفقاً لـ نسبة الحت (Percent of wear)، وقد قسمت الحجارة إلى نوعين:

أ. صخور بركانية.

ب. عدا ذلك.

وقد تم فحص الحجارة من قبل العالم الفرنسي ديفال الذي قام بإستنباط طريقة لإيجاد معامل خاص تقسم الرقم (40) على نسبة الحت، وعليه فأن حجراً بنسبة حت مقدارها (5٪) له معامل فرنسي قيمة (8) وأغلب الصخور قد بينت تناقص في نسبة الحت وقد اعتمدت اليوم طريقة العالم راتل من لوس أنجلوس لفحص الحت ويسمى الفحص لاحقاً، بـ فحص لوس أنجلوس للحت.

وتشتمل الصخور البركانية على البازلت، الانديست، الديابيز، ديوراتت، الجاربو والريولايت وأي صخور أخرى بركانية وهذه الصخور أكثر كثافة وأكثر حبيبات ناعمة من الجرانيت ولها قدرة على ترابط وتداخل النسيج الكريستالي معطياً قوة عالية وتدرج حت من (2- 4) ونسبة حت فرنسية من(10- 20) وصلادة من(13- 20)، وقداستخدمت صخور أخرى مناسبة من الجرانيت،الحجر الجيري، الدولوميت ومن بعض الحجارة الرملية القاسية، ويستخدم أيضاً حصمة الشواطئ أو الحصمة المكسرة وهكذا.

<u>ملاحظة:</u>

إذا قلنا أن الصلادة هي(20) فإن معامل الصلادة هو(20- $w\frac{1}{3}$) حسبت W هو النقص في الوزن بالجرامات تقالب قطر(25ملم) بعد(1000) دورة من صينية معدنية تحتل تأثيرحت من رمل كواتز خاص.

انشاء قاعدة الأساس Constructing the base course:

على طبقة الأساسي المدحولة جيداً فإن طبقة الأساس كانت حوالي (10) سم بعد الدحل، وقداستخدمت الحجارة النظيفة من قياس5سم إلى3سم ولتفادي عدم التماثل فإن الحجارة المكسرة لم تخزن أن تشون على شكل أكوام على الأرض،

حيث سينفصل الجزء الناعم من الحجارة عند تلك الخشن، وعليه فقد كانت تفرغ أو تشون على ألواح خشبية أو صفائح حديدية بقياس(22 × 1.5م) ويمكن يتوجب خلط الحجارة المكسرة ثانية بواسطة المحملات قبل استخدامها، وقبل إجراء عملية الدحل للأساس يتفقد الأساس من أي هبوطات أو تربة رخوة، واستبعاد الحجارة الوسخة وفرش الحجارة الصغيرة يتم بواسطة المحملات (Shovels) لتسوية السطح.

والدحل يتم بواسطة مداحل لا يقل وزنها عن(10) طن ويبدأ الدحل من الحافة العليا الخارجية وحسن تثبت الحجارة المكسرة في أماكنها جيداً فتحرك المدحلة إلى الطرف الأخر من الحافة وتستمر العملية وبعد الدمك عند الحواف يتحرك الدمك إلى المنتصف وهكذا حتى يتم دمك جميع طبقة الأساس على كامل مساحة الطريق، وعلى كل حال فقد جرت العادة الآن أن نفرش طبقة من حصمة المناخل على السطح قبل عملية الدحل الأخيرة لملء أي فراغ موجود على طبقة الأساس.

الطبقة الثانية العليا أو طبقة الحت Second upper or wearing:

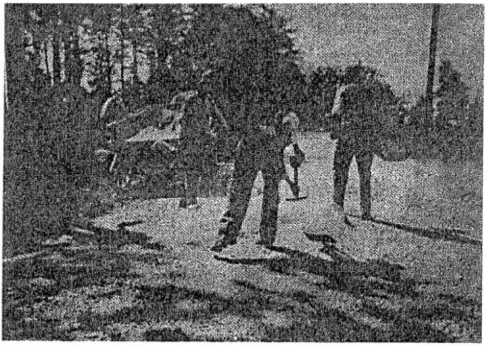
بعد دمك طبقة الأساس جيداً تبنى الاكتاف مستقيمة وتستخدم الألواح الخشبية لإعطاء سماكة الطبقة، وقد كان من المستحسن أن تكون طبقة الأساس أعرض من الطبقة الأعلى حتى يمكن دعم الطبقة الأعلى، ويتراوح حجم حصمة الطبقة الأعلى مابين (3- 1) سم وتكون نظيفة تماماً، وتفرش كما كان لطبقة الأساس مع فارق الدمك، الذي سيعطي السطح الأفقي تماماً، ويحكم على ذلك السطح إما بالعين المجردة أو بواسطة المسطرة الطويلة التي طولها يقارب (3م) أو بواسطة الخيوط التي تمد على السطح.

والهبوطات التي تلاحظ على السطح أو الارتفاع تعبأ أو تزال وتفرش الطبقةالعليابسمك حوالي 7سم على الطبقةالسفلى ذات العمق(10سم) وتدحل نهائياًبعد ذلك، وعلى هذه الطبقة العليا ترش طبقة ناعمة من الرمل على السطح وعلى مرتين أوثلاث مرات باليد أومن عن طريق إفراغ عربات صغيرة مملوءة بالرمل وعلى مسافات على طول الطريق ثم فرد ورش هذا الرمل يدوياًعلى السطح ثم الدحل على هذه الطبقة.

استخدام طبقة الربط Applying the binder course:

بعد دحل طبقة السطح تماماً وتصحيح السطح نستخدم طبقة رابطة تكون ربما في الحصمة المنخلة/المغربلة أوغبارالحجارة(Stone dust) هذه الحصمة هي نواتج المطحنة المارة من فتحة منخل مقدارها $\left(\frac{1}{2}\right)$" ومن النادر فصل مكونات حجوم المستخدمة لهذه الطبقة ولكن نتيجة أفضل تم التوصل إليها عنداستخدام الذرات الأكبرأولاً في فراغات طبقة الوجه ويجب عدم تفريغ طبقة الربط تحت أي حال من الأحوال فوق طبقة الوجه الحجرية مباشرة، بل يجب تفريغ مادة الطبقة بواسطة العربة اليدوية أو وضع هذه الطبقة على شكل أكوام بطول الطريق على الاكتاف، كما في الشكل رقم (9- 2) وأفضل طريقة لإستخدام هذه الطبقة هو رشها رشاً متتالياً فالحبيبات الخشنة ترش ترس أولاً ثم تتلوها الحبيبات الأنعم وهكذا ثم تدحل الطبقة بعد ذلك لإعطاء سطح إلى حد ما منتظم وناعم نسبياً، ويتم الدحل متواصلاًمع كل رشة من هذه الحبيبات ذهاباً وإياباًحتى تظهر بعض من هذه الحبيبات على السطح (بمعنى أن السطح قد تم دمكه جيداً بحيث أن الكمية الإضافية لا تنغرس لأن الفجوات قدملأت تماماً)، وهناك طريقة أخرى لفرش الحبيبات بإستخدام محقن وتحريك المحقن يميناً ويساراً على التوالي حتى يتم التوزيع على كامل السطح وتدخل الحبيبات الأكبر في الفجوات ثم الاصغر ثم الأنعم وهكذا، ومن حسنات هذه الطريقة هو ملء الشقوق والهبوطات في السطح بشكل جيد وهذا يعتمد كلياً على مهارة العامل، وهذه الطبقة هي التي تمنع دخول الماءإلى الطبقات السفلى ولذلك سمي (Water bound Macadam)

وللحصول على طبقة نهائية أفضل لمنع الماء يتوجب رش السطح بطبقة أسفلتية من رشة اللصق (Seelcoat).



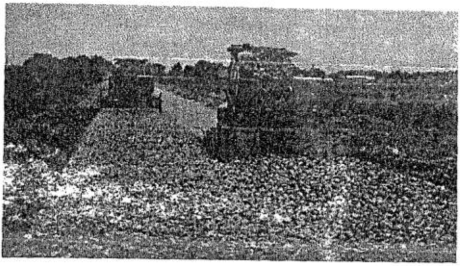
Spreading stone screenings in three coats on a macadam road

فرش طبقات الحصى على ثلاث طبقات على طريق مكادام

الشكل رقم (9- 2)

إنشاء اساسات مكادام Construction Macadam bases:

تبلغ سماكة أساسات مكادام عامة من(15- 20) سم وتنشأعلى طبقتين، وتفرش الطبقة الأولى على مساحةجافة من الحصمة المناخل لتمنع دخول مواد طبقة تحت الأساس إلى طبقة الأساس، وأختلف في سمك هذه الطبقة ولكن هي ما بين (2.5 سم إلى 7.5سم)، ثم تفرش الطبقة الثانية من تدريج مختار محدد على الطبقة الأولى وهذه الطبقة من الحجارة المطحونة أومن خبث المصانع، ويمكن فرش هذه الطبقات بواسطة فراشة الحصمة كما في الشكل رقم(9- 3) وتدريج الحصمة يمكن تتبعه من الجدول المبينة في رقم(9- 1).



Machines spreading aggregate for a macadam base course (Courtesy Jaeger Machine Co.)

الشكل رقم (9- 3)

Construction Macadam Bases

TABLE 1 GRADIND FOR CHUSHED STONE AND CRUSHED –SLAG AGGEEGATNS FOR WATERBOUND AND BITUMNOUS-MACADAM BASE COURSES AASHO DESIGNATION M 75-49

Class of Aggregate AASHO Standard Size Size Range, In.	No.1 3 1/2 to 1 1/4	No.2 2 1/2 to 1 1/2	No.3 2 to 1
Passing 4-in.sieve,%	100		
Passing 3 1/2-in.sieve,%	90 -100		
Passing 3-in.sieve,%		100	
Passing 2 1/2-in sieve,%	25 -60	90 -100	100
Passing 2-in. sieve,%		35 -70	95 -100
Passing 1 1/2-in.sieve,%	0 -15	0 -15	35 -70
Passing 1-in.sieve,%			0 -15
Passing 3/4-in.sieve,%	0 -5	0 -5	
Passing 1/2-in.sieve,%			0 -5

جدول رقم (9- 1) يبين تدريج الحصمة والخبث المطحون للطبقة المانعة للماء وطبقة مكادام الاسفلتية لطبقات الاساس

الوحدة العاشرة

طبقات الرصفة

طبقات الرصفة:

طبقة ما تحت الأساس أو أساس التربة يعرف بإنه المنشأ الذي يرتكز عليه سطح الطريق وملحقاته.

في حالة القطع فإن طبقة التربة التي توضع تحت الطبقات الخاصة تعرف بإنها طبقة ما تحت الأساس في حالة الردم، فطبقة ما تحت الأساس تنشأ فوقه التربة الأصلية وتحتوي على المادة المستوردة من فتح الطرق المجاورة أو من حفر الاستعارة.

قبل زمن بعيد كان الإنتباه مركزاً على طبقة السطح للطريق أو لطبقة المعرضة للحت، ولم تعطى نوعية المادة الأساس أي انتباه يذكر أو طريقة وضع المواد أو دمكها، ولكن وبعد انتشار المركبات وأنواعها وسرعاتها ركز الانتباه على معايير أفضل للميلان والاستقامة والتي تمت قطعاً كبيراً أو ردماً كثيراً في جسم الطريق.

وفي نفس الوقت فإن الوزن وعدد المركبات التي زادت كثيراً قد ركزت أحمالها على سطح الطريق، مما سبب في بعض الأحيان الإزاحة في سطح الطريق وحتى خراب الطريق وإنهياره، ومن دراسات أجريت لمعرفة أسباب الانهيارات هذه تبين أن طبقة ما تحت الأساس هي التي تسبب في الانهيارات وليس سطح الطريق وهذا أدى بدوره إلى التركيز على دراسة التربة بخصائصها ومكوناتها.

وبشكل عام فكلما كانت نوعية الطبقات أفضل كلما تم توزيع الأحمال بشكل أفضل وعلى عمق أكبر، وعليه تتدرج جودة الطبقات من الأعلى إلى الأسفل بمعنى أن الطبقة العليا هي الأفضل تليها التي تحتها وهكذا حتى أخر طبقة في المقطع، وتعتمد عدد الطبقات على حجم المرور ونوعية المواد المصنع منها جسم الطريق والمواد الرابطة المستخدمة وطريقة انشاء هذا الطريق (الفرش والدمك) وملحقات الطريق.

ومن أنواع الرصفات:

1. الرصفة المرنة (Flexible Pavement).
2. الرصفة الصلبة (Rigid Pavement)
3. رصفة مشتركة ما بين المرنة والصلبة.

وتتكون الرصفة المرنة من:

أ. طبقة أسفلتية عليا.
ب. طبقة أساس.
ج. طبقة ما تحت الأساس.
د. السطح الترابي(يمكن الاستغناءعنه إذا كان له نفس خواص طبقة ما تحت الأساس).

وتختلف سماكة هذه الطبقات حسب التصميم والكلفة لمقطع الطريق.

طبقة ما تحت الأساس Subbase:

هي الطبقةالتي تفرش مباشرةً فوق السطح الترابي، وتتألف من الحصى أو الحصى المكسر المدموك أو من الرمل الترابي (وقد يكون السطح الترابي قوياً أو يكون من تربة غير مستقرة تثبت بواسطة بعض مواد التثبيت ثم توضع وتفرش عليها طبقة ما تحت الأساس) وهذا المواد هي أكثر جودة من مادة السطح الترابي إلا إنها أقل جودة من طبقة الأساس التي تليها إلى أعلى.

والهدف الأساسي من هذه الطبقة هو:

1. عدم تؤثر طبقة السطح الترابي بأي عوامل أي تمنع أي مؤثرات كالمياه والرطوبة والثلج و.... ،من الوصول إلى السطح الترابي الذي يؤدي إلى خرابه.

2. توزيع الاثقال والاحمال التي يتعرض لها سطح الطريق والطبقات السفلية كمرور المركبات مثلاً.
3. تهيئة سطح لإستقبال الطبقات العلوية من الرصيف(طبقة الأساس وما يعلوها).
4. التوفيرمن تكاليف مواد الرصفة حيث أن المواد المستعملة في طبقة تحت الأساس هي أقل جودة وارخص ثمناًمن المواد التي تعلوها في الطبقات المختلفة العليا(التوفير في تكاليف الطريق عموماً).
5. تمنع هذه الطبقة امتزاج مواد السطح الترابي مع طبقة الأساس.
6. تمنع كعازل وفاصل لعدم وصول تأثير الرطوبة الأرضية أوتأثير المياه الجوفية عن الطبقات العليا من الرصفة.
7. تعطي قوة أكثر للسطح الترابي خاصة بعد دحله جيداً بالمداحل الرجاجة.
8. يمكن زيادة سمك هذه الطبقة من قبل المهندسين وبذلك توفر في طبقات الرصف العليا.
9. تمنع وصول الماء والتراب للفواصل في طبقات الرصفات الخرسانية (العادية أو المسلحة).
10. الموادالمستخدمة في هذه الطبقة تكون رديئة التوصيل بشكل عام.

طبقة الأساس Base Course:

وهي الطبقة التي توضع فوق طبقة ما تحت الأساس أومباشرة على السطح الترابي أن كان هذا السطح الترابي صلباً، وتقوم هذه الطبقة بتحمل وتوزيع الأحمال على الطبقات الأدنى ويعتمد هذا على نوع الموادالمستعملة المكونة من الحصمة أومن الدبش المكسر أومخلطات الأفران المكسرة (حصمة صناعية) مع وجود مادة الرمل أومجموعة متنوعة من المواد جميعها دون تثبيت أو مع التثبيت بمواد مثبيتة خاصة (أسمنت جير اسفلت) والأساس يفرش على طبقة واحدة أومجموعة طبقات حسب تصميم الطريق وتكون الموادالأقل جودة في الطبقة السفلى والأكثر جودة في الأعلى.

وجودة هذه المواد مجتمعة يجب أن تكون أفضل من الموادالمستخدمة في طبقة ما تحت الأساس، ومواد طبقة الأساس تتطلب القوة والتدرج وغيرها من المواصفات الفنية عنها في الطبقات ما تحت الأساس.

مواصفات الموادالمستخدمة في طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس:

1. أن يتحمل الأوزان الساقطة عليها من قبل المرور الكثيف على سطح الطريق.
2. أن تكون المواد مدموكة جيداًحتى لا تؤثر مرورالشاحنات وتكرار مرورها على الطبقات بحيث تسبب بعض المشاكل والحاجة إلى إصلاح بعد ذلك.
3. أن لا يتغيرخواصها الطبيعية أو الفيزيائية مع مرورالشاحنات ولا مع مرور الوقت(عمر الطريق).
4. أن تكون مواد هذه الطبقات متدرجة (Grading).

وتقوم طبقة الأساس بأداء الوظائف التالية بالإضافة للهدف الأساسي من أنشاءها لنقل الحمولات تتمثل في:

1. تهيئةالسطح لاستقبال الطبقات الأعلى بحيث يكون مستوياً وناعماً.
2. حماية ما تحتها من رصف من تسرب المياه والرطوبة من أعلى إلى أسفل حيث تعمل هذه الطبقة كمانع لتسرب المياه ومنع تجمعها في الفراغات.
3. مقاومة الصقيع والتجمد في مواد الطبقة(مواصفات فنية).
4. تقليل ظاهرة الانتفاخ في الطبقات السفلى من الطبقةخاصة الطبقة الترابية.
5. منع وصول التراب والموادإلى الطبقة الأعلى فوق الأساس وكذلك للفواصل في الرصفات الاسمنتية الخرسانية.

طبقة السطح Surface Course:

تتكون طبقة السطح من:

خليط من الحصمة + الاسفلت السائل توضع فوق طبقة الأساس، وتصمم هذه الطبقة:

1. لتوزع الأوزان بشكل جيد.
2. تقليل نفاذ الماءإلى طبقات الرصفةالسفلية.
3. تأمين سطح مقاوم للتزحلق.
4. تأمين سطح انسيابي أثناء مرور الشاحنات والسيارات.
5. تأمين عدم تشقق السطح.
6. لتوازن بين النسبة المثالية للاسفلت وتدرج الحصمة للحصول على خلطة نموذجية.
7. تأمين ثبات عالٍ تحت الظروف المناخية والجوية والمرورية.
8. تقاوم التأثير الحت والبري من مرور السيارات والشاحنات.

مواصفات خلطة السطح:

تصمم الخلطة وفقاًلمعاييرمعينة تأخذ بعين الاعتبار قوة الخلطة وثباتها ونسبة الفراغات فيها وتدرج الحصمة المستعملة(تفضل التدرج الكثيف المحتوى على حبيبات ذات حجم أقصى مقداره25 ملم، بالإضافة لتدرجات أخرى في الخلطات المفتوحة وخلطات الاسفلت الرملي).

عددالطبقات السطحية:

يمكن أن تكون طبقة واحدة أو طبقتان، وتفرش الطبقة كما سبق وتستعمل بعض الأوجه الاسفلتية لـ الوجه التاسيسي (Prime Cat) والوجه اللاصق (Tack Coat) لزيادة التثبيت ومقاومة تأثيرالحت والبري والاهتراء وتأمين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس ولمساعدة كطبقة أنشائية واحدة في توزيع الأحمال.

الوحدة الحادية عشرة

الاسفلت والخلطات الاسفلتية

الطرق الاسفلتية Bituminous Pavements:

مقدمة:

وتحت هذا العنوان يتفرع عدد كبيرمن الأنواع تتدرج من سماكة سطح تقارب الـ (1) سم أوأقل إلى الاسفلت الاسمنتي، والتي تقارب وتضاهي طرق الاسمنتية الخرسانية في الكلفة والأبعاد.

ويشار إلى السطوح الاسفلتية بـ الطبقة السوداء بسبب مظهرها وموضوع الطرق الاسفلتية معقدإلى حدما لوجود أكثر من تركيبة أوخلطة بين الحصمة والمادة الرابطة والتي في مجموع تعطي طريقاًجيداًحتى تحت الظروف القاسية، وإذا أردناخدمةجيدة من الطرق الاسفلتية فإنه يتوجب وعلى المدى الطويل أن تفي بالأغراض التالية:

خلوهامن التشققات، مقاومتهالعوامل الطقس ومثل مقاومتها لسيلانات المياه السطحية الحرارة،البرد، والتأكسد، مقاومة الرطوبة الداخلية خاصة بخار الماء، مانعة، سطح غيرمنفذ.

فتصميم الطريق الذي يفي بكل هذه المتطلبات لعدد طويل من السنوات يستلزم جهوداً كبيراً ويستوجب اختياراً جيداً ومراقبة للمواد ومراقبة في كل خطوة أنشاء، والتصميم الجيد وأنشاءالطبقات لهماالأهمية الكبرى وإلا فإن خراب الطريق سيكون كبيراً، وللحصول على المواصفات أعلاها يتوجب المرور بستة خطوات كالتالي:

1. سخن المادة الاسفلتية الرابطة اللزجة لتصبح سائلة ثم في أخلطها مع الحصمة في المصنع، أفرش وأدحل الخليط بينما هو ساخن.

2. أستخدم المرابط الاسفلتي: أخلطه مع الحصمة عند درجات الحرارة العادية، والخلط ربما يكون في المصنع أوعلى جانب الطريق، أفرش وأدحل الخليط عند درجات الحرارة العادية.
3. أضف مادة حالة أومفككة مثل النافتا أوالكيروسين الرابط إلى الاسفلتي اللزج لتجعله سائلاً، أخلط السائل مع الحمصة عند درجةحرارة عادية، إما في المصنع أو على جانب الطريق وأفرش وأدحل الخليط عند درجة حرارة عادية قبل تبخر المفكك (Solvent).
4. استخدم السائل المستحلب للرابط الاسفلتي للزج في الماء، وأخلطه مع الحصمة عند درجة عادية في المصنع وعلى جانب الطريق، أفرش وأدحل عند درجةالحرارة العادية قبل أن يتفكك المستحلب إلى مكوناته الأصلية.
5. أفرش وأدحل الحصمة النظيفة كما في طبقة أساس مكادام المائي وفوقها رش الرابط الاسفلتي الساخن المذاب أوالمستحلب والذي يتخلل المناطق المفتوحة في الصخر ويربطها بالحصمة سوياً ويسمى هذا العملية طريقة الاختراق (Penetration method).
6. افرش اللاصق الاسفلتي على مساحة الطريق وغطها بحصمة مختارة، وتسمى هذه العملية طريقة الاختراق المقلوبة (Inverted – Penetration method).

وخبرة المهندس هي التي تحتم عليه اختيار الطريقة وتفاصيلها.

وتقسم تغطيةالطريق الاسفلتية إلى:

1. تغطيةالسطح المتوسطة (Intermediate surfacing)
2. النوع الأعلى من نقطةالسطح (Higher Type surfacing)

وتغطيةالسطح المتوسطة هي التي تستخدم فيها الاسفلت والقار كمادة رابطة وربما تسمى الطرق منخفضةالكلفة (Low cost Pavement)، وتشتمل هذه الطرق على طبقة رقيقة من الرمل الناعم (Dust layer)، الوجه الابتدائي

أوالأولى (Prime coat)، وجه الحماية (Protective coat)، طبقة معالجة السطح، الوجه الختامي (Seal coat) والذي يعمل بطريقة النفاذية المعكوسة أوالاختراقية المقلوبة.

أماالنوع الثاني لنوع الأعلى من نقطةالسطح فهي غيرالطريقة، الوجه الأول الذي يحتوي على خلطة كثيفة مثل ورقة الاسفلت والاسفلت الخرساني والاختراق بأنواعه كما في كما في مكادام الاختراق.

الروابط للطرق الاسفلتية:

Binders for Bituminous Pavements

الروابط المستخدمة في إنشاءات الطرق هي السوائل اللزجة والتي تتدرج لزوجتهامابين أكثف قليلاًمن الماء وأخرى صلبة متكسرة تحت ضربات المطرفة عند درجات الحرارة العادية، ولكن هذه الصلبة ستتحول إلى سائل إذا عرضت الى تحميل متكرر طويل.

والخواص البلاستيكية للمواد اليتومينية الرابطة ودعت بعض الكتاب إلى تسمية الطرق الاسفلتية بالطرق المرنة.

وبغض النظر عن نوع الطريقة الاسفلتية التي تستخدم فإن الروابط الاسفلتية يجب أن تكون في الحالة السائلة حين خلطهامع الحصمة، ويتم الحصول على هذا السائل مبدئياً كاسفلت سائل أوإحماءالاسفلت الصلب برفع درجة حرارته وإضافة المذيبات أو استحلابه بالماء، ويتوجب على هذه الروابط أن تقاوم عوامل الحت والقوى الماصة الناتجة عن حركة المركبات إذا كانت الطريقة من النوع المفتوح (Open Type)المحتوى على حبيبات أوحبات كبيرة ملتصقة مع بعضهاالبعض بهذه الروابط، ومن ناحية أخرى إذا كانت الحصمة تحتوي على موادناعمة كثيرة فإن التلاصق يتم أويتولد بظاهرة التوترالسطحي في الطبقةالاسفلتية الرقيقة المحيطة بهذه المواد الناعمة، كما تولدالمشابه الماء قوى التلاصق في حبيبات التربة الناعمة، وللخلطات المحتوية على مواد ناعمة فإنه من الأنسب استخدام طبقة رقيقة من الاسفلت السائل كمادة رابطة.

مصادر الروابط الاسفلتية:

Sources of bituminous binders

جميع الروابط الاسفلتية أساسها الهيدروكربونات والتي هي مزيج واتحاد الهيدروجين والكربون والعنصر المتطاير والاخف من عائلة الهيدروكربونات يشمل الغاز الطبيعي أو المنتج، الجازولين، الكيروسين، وزيت الديزل.

والعناصر الثقيلة تشمل شحوم التزييت أو الزيوت بأنواعها ومواد التزفيت وبعض العناصر الهيدروكربونية المستخدمة في التزفيت تحدث طبيعياً، ولكن أغلبها من نواتج التصنيع للغاز، والوقود السائل، المشحمات، غاز الفحم والكوك.

والمصادر الرئيسية مادة الاسفلت المستخدمة في التزفيت:

1. أسفلت ترينداد: وهو أسفلت مستخرج من جزيرة ترنيداد من شمال الساحل الفنزويلي، ايلين بخبث البترول اللزج استخدم على نطاق واسع كمادة رابطة للسطوح الاسلفتية (Softened) وتحتوي هذا الاسفلت على (40٪) موادعضوية وغير عضوية.
2. الاسلفت الصخري (Rock Asphalt): وهذه رواسب طبيعية من الحجر الجيري أو الحجر الرملي مملغمة في مواد أسفلتية طبيعية، وتتراوح نسبة الاسفلت في هذا الصخر ما بين (4.5 – 18٪)، ويعتمد استخدام الاسفلت المستخرج من الاسفلت الصخري على جداوه الاقتصادية، فإذا كان استخراجه غير اقتصادي فيمكن استخدام هذا الصخر بعد تكسيره بالإحجام المطلوبة بما فيه من أسفلت في انشاء طبقة السطح أو للخلطات البتوفتية.

أما إذا كانت نسبة الاسفلت في الصخر تتجاوز (8٪) فيمكن استخدام هذا الصخر بعد تكسيره وتسخينه في أغراض الرصف، أما إذا كانت النسبة أقل من ذلك فيضاف إلى هذا الصخر كمية من الاسفلت ثم استخدمت بعد ذلك.

3. عروق الاسفلت وهذه عروق موجودة داخل فجوات الصخور صلبة جدا لها قابلية للذوبان في ثاني كبريتيد الهيدروجين.
4. الاسفلت المستخرج من تقطير البترول الخام:

تختلف مكونات وخصائص البترول الخام من قطر إلى أخر حسب الطبقات التي يتواجد فيها البترول الخام ولظروف التي أدت إلى تكوينه، ويكرر البترول وفقاً للوزن الجزئي لمركباته عن طريق إبراج تسمى أبراج تكرير البترول الخام حيث يتم فصل المواد الخفيفة عن المواد الثقيلة ومنها مادة الاسفلت.

وكما أسلفنا فمركب الاسفلت هيدروكربوني من عناصره (الزيت والمادة الصمغية ومادة الاسفلت)، والاسفلت هو الجزيئات الصغيرة المحاطة بغلاف من المادة الصمغية ويمثل الزيت الوسط الذي به مادة الاسفلت والمادة الصمغية هي التي تزود الاسفلت بالليونة.

ويقسم الاسفلت إلى:

1. الاسفلت الاسمنتي، الاسفلت الجامد (Asphalt Cement) (AC):

وهو المادة الثقيلة السوداء المتبقية بعد تقطير البترول الخام (وكونه أسمنتي فهو لتوفر صفة الربط القوية في هذا الاسفلت)، والتخلص من المواد الخفيفة كالغازات وزيوت التشحيم والوقود بإنواعه المختلفة والزيوت الثقيلة.

وينتج من ذا النوع مواد ذات قوام مختلف وفقاً لدرجة التقطير (صلبة – قاسية – شبه صلبة – طرية – طرية جداً).

وللاستدلال على القوامات للأنواع المختلفة نستخدم تجربة مقدار الغرز للاسفلت، ويقسم الاسفلت الجامد إلى مجموعة كبيرة حسب مقدار الغرز، فكلما زادت قيمة الغرز زادت الليونة.

النوع الأول:

AC (40-50)
AC (60-70)
AC (85 – 100)
AC (120 -150)
AC (200-300)

ويتحكم في اختيار نوع الاسفلت الجامد: درجة الحرارة التي يتعرض لها سطح الطريق، قيمة الأحمال الساقطة سطح الطريق، نوع سطح الطريق/نوع الطريق (درجة أولى، ثانية، ثالثة).

مواصفات الاسفلت الجامد:

1. أن يكون متجانساً.
2. خالياً من السوائل وخاصة الماء.
3. إلا يفور إذا سخن لدرجةحرارة تصل (175 مْ).
4. يجب أن لا يقل سحبه في فحص المطاطية للاسفلت عن (100) سم.

أماكن استخدام النوع الجامد (AC)

أ. الذي نسبة غرزه من(40 – 100): هذا نوع صلب قاسي يستخدم في الأجواءالحارة وأعمال الخلطات الاسفلتية الساخنة وتبلغ درجة حرارة الخليط من هذا النوع ما بين (135 – 177)مْ.

ب. الذي نسبة غرزه(100- 200) متوسط الصلابة يستخدم لتغطية طبقة تحت الأساس والأساس المكونة من الحصى في المناطق متوسطة الحرارة والأقرب إلى الطقس البارد وتبلغ درجةحرارة الخليط مابين (130 – 160)مْ.

ج. الذي نسبة غرزه(200- 300) وهذا أقرب إلى السائل اللزج يستخدم كوجه اساسي أو وجه لاصق (Prime Coat)، (tack Coat) على الترتيب.

ويبين الشكل رقم (11- 1) منتجات تقطير البترول

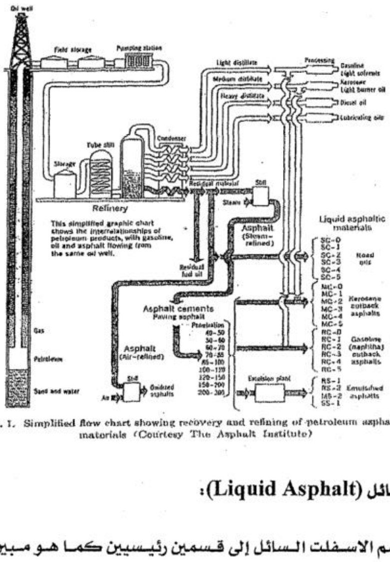


Fig. 1. Simplified flow chart showing recovery and refining of petroleum asphaltic materials (Courtesy The Asphalt Institute)

الاسفلت السائل (Liquid Asphalt):

يقسم الاسفلت السائل إلى قسمين رئيسيين كما هو مبين الاسفلت المقطوع والاسفلت المستحلب.

الاسفلت السائل

الاسفلت المقطوع — الاسفلت المستحلب

اسفلت سريع التطاير (R .C) — متوسط التطاير (M.C) — بطيء التطاير (S.C)

وسنتناول هنا خصائص كل قسم ومكان استخدامه.

أولاً: الاسفلت المقطوع/المحول (Cut back):

وهو نواتج إذابة الاسفلت الجامد في محاليل مذيبة مثل البنزين والكاز وغيرها .... بكميات مختلفة حسب ما يطلب ويبقى هذا في حالة سائلة لفترة طويلة ولذلك لا تجري عليه عملية قياس الغرز وتجرى له عملية أخرى للقياس، وهي تسخين لدرجة كبيرة ثم قياس الوقت اللازم لملأ بايكنومتيز او زجاجة معروفة الحجم، وتعطى درجة اللزوجة بعد تسخين أرقاماً تدل على ميوعته أو لزوجته ومنها:

- محلول الاسفلت سريع التطاير R. C (Rapid Curing).
- محلول الاسفلت متوسط التطاير M.C (Medium Curing).
- محلول الاسفلت بطئ التطاير S.C (Slow curing).

وجميع هذه الأنواع تستخدم فقط مع الخلطات المسامية حتى يسمح للموادالمتطايرة بالتبخر، وعليه يمكن استخدام هذه الأنواع مع الحصمة الرطبة، وتستخدم هذه الخلطات في الأحوال التي تتطلب تكاليف أقل لإنشاءالطريق.

أ. **محلول الاسفلت سريع التطاير (R.C):**

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة مذيبة كالبنزين⟵أسلفت محلول سريع التطاير، ويتوقف الحصول على هذا النوع على كمية المادة المذيبة وعلى نسبة الاسفلت الجامد، ويندرج تحت هذا الاسم (R.C) مجموعة من الأنواع (ستة مجموعات) كما في الجدول (1/11 – 7/11).

يمكن تقسيم محلول الاسفلت سريع التطايرحسب درجة لزوجته إلى:

- R_{c3000}، R_{c800}، R_{c250}، R_{c70} وكل من هذه الأنواع صفات فمثلاً:
  - R_{c70} يتكون من 60٪ من الاسفلت الجامد + 40٪ مواد مذيبة.
  - Ec3000 يتكون من 85٪ من الاسفلت الجامد + 15٪ من مواد مذيبة.

ومابين هذين الصفتين تتغير هذه النسبة حسب الاستعمال، وهذه الحروف تدل على ما يلي:

- حرف R تعني سرعة الجفاف (Rapid).
- C تعني الجفاف (Curing).

والأرقام هي مقدار لزوجة صنف الاسفلت، وتستخدم هذه الأنواع في الأعمال التالية:

R_{c3000} يستعمل كورقة اسفلت على سطح الطريق وفي الخلطات الباردة وخلطات جوانب الطرق، وتتروراح حرارية ما بين(90 – 115)مْ

$R_{c800.250}$ تستعمل لرصفات طرق مكادام(رصفات الدبش) ولمعالجة السطح والخلطات الباردة، وتتراوح درجةحرارته من(50- 95) مْ

R_{70} يستعمل لمعالجة الأسطح وكوجه لاصق (Tack Coat) وتتراوح درجة حرارة ما بين(15- 60)مْ

والجداول من (11/1- 11/7) تبني مواصفات هذه المواد.

SPECIFICATIONS FOR ASPHALT CEMENTS PREPARED FROM PETROLEUM *

Specifications of			Asphalt Institute			AASHO Designation M-20	
Characteristics	ASTM Method	AASHO Test					
General requirements			The asphalt shall be prepared by the refining of petroleum. It shall be uniform in character and shall not foam when heated to 350° F.			The asphalt shall be homogeneous and free from water and shall not foam when heated to 347° F.	
Flash point (Cleveland open cup), °F	D92	T48	450+	425+	350+	347+	
Penetration, 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	Penetration Grades			Penetration Grades	
			40-50 50-60 60-70 70-85 85-100	100-120 120-150 150-200	200-300	30-40 40-50 50-60 60-70 70-85	85-100 100-120 120-150 150-200
Loss on heating 325° F, 5 hr, %	D6	T47	1—	2—	2—	1—	1—
Penetration after loss on heating 77° F, 100 g, 5 sec, % of original	D5	T49	70+	70+	60+	75+	55+
Ductility							
At 77° F, cm	D113	T51	100+	60+	.....	†	100+
At 60° F, cm	D113	T51	.....	.....	60+	.....	.....
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4	T44	99.5	99.5	99.5	.....	.....
Solubility in carbon disulfide, %	D4	T44	.....	.....	.....	99.5	99.5
Proportion of bitumen soluble in carbon tetrachloride, %	D165	T45	.....	.....	.....	99.0	99.0
Spot test (when specified) with ‡		T102					
Standard naphtha solvent						Negative—all grades	
Naphtha xylene solvent, —— % xylene						Negative—all grades	
Heptane xylene solvent, —— % xylene						Negative—all grades	

* AASHO specifications for Trinidad lake asphalts, *Designation M33-42*, cover the same grades given for petroleum asphalts, and in general are comparable. In addition, specifications for lake asphalts include ranges for per cent inorganic matter, softening point, and specific gravity.

† Not less than numerical value of penetration.

‡ The use of the spot test is optional under AASHO standards. When specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم (11- 1)

SPECIFICATIONS FOR ROAD TARS

AASHO Designation M52-42

Grades	ASTM Method	AASHO Test	RT-1	RT-2	RT-3	RT-4	RT-5	RT-6	RT-7	RT-8	RT-9	RT-10	RT-11	RT-12	RTCB-5	RTCB-6
Consistency																
Eng. sp. visc. at 40° C		T54	5-8	8-13	13-22	22-35	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......
Eng. sp. visc. at 50° C			......	......	......	......	17-26	26-40	......	......	......	......	......	......	17-26	26-40
Float test at 32° C			......	......	......	......	......	......	50-80	80-120	120-200	......	......	......	......	......
Float test at 50° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	75-100	100-150	150-220	......	......
Sp. gr. at 25 C/25° C		T43	1.08+	1.08+	1.09+	1.09+	1.10+	1.10+	1.12+	1.14+	1.14+	1.15+	1.16+	1.16+	1.09+	1.09+
Total bitumen, % by wt.		T44	88+	88+	88+	88+	83+	83+	78+	78+	78+	75+	75+	75+	80+	80+
Water, % by volume		T110	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	1.5-	1.5-	1.0-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0-	1.0-
Total distillates, % by wt.	D20	T52														
To 170° C			7.0-	7.0-	7.0-	5.0-	5.0-	5.0-	3.0-	1.0-	1.0-	1.0-	1.0-	1.0-	2.0-8.0	2.0-8.0
To 200° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	5.0+	5.0+
To 235° C			......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	......	8.0-18.0	8.0-18.0
To 270° C			35.0-	35.0-	30.0-	30.0-	25.0-	25.0-	20.0-	15.0-	15.0-	10.0-	10.0-	10.0-	......	......
To 300° C			45.0-	45.0-	40.0-	40.0-	35.0-	35.0-	30.0-	25.0-	25.0-	20.0-	20.0-	20.0-	35.0-	35.0-
Softening point of residue, °C	D36	T53	30-60	30-60	35-65	35-65	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
Sulfonation index (when specified) on distillate	D872	T103														
To 300° C			8-	7-	6-	6-	5-	5-	......	......	......	......	......	......	......	......
300° C to 355° C			1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	1.5-	......	......	......	......	......	......	......	......
Typical uses and suggested temperatures for application *			Prime coat 60 to 125° F		Prime coat and surface treatment 80 to 150° F		Surface treatment and road-mix 80 to 150° F		Surface treatment, road-mix, premix, and seal coat 150 to 225° F			Surface treatment, premix, seal coat, penetration, and crack filler 175 to 250° F			Surface treatment, road-mix, and premix. When low-temperature application and quick setting are desired 60 to 120° F	

+ Sign indicates that value shown is the minimum allowable.
— Sign indicates that value shown is the maximum allowable.
* For the guidance of the user and not a part of the specification

Bituminous Pavements

جدول رقم(11- 2)

SPECIFICATIONS FOR MEDIUM-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS

AASHO Designation M82-42

Specification designation			MC-0	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
General requirements	ASTM Method	AASHO Test	The material shall be free from water.					
Flash point (open tag), °F		T79	100+	100+	150+	150+	150+	150+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 122° F, sec			......	75-150	......	......	......	......
Furol viscosity at 140° F, sec			......	......	100-200	250-500	......	......
Furol viscosity at 180° F, sec			......	......	......	......	125-250	300-600
Distillation								
Distillate (% of total distillate to 680° F)								
To 437° F	D402	T78	25-	20-	10-	5-	0	0
To 500° F			40-70	25-65	15-55	5-40	30-	20-
To 600° F			75-93	70-90	60-87	55-85	40-80	20-75
Residue from distillation to 680° F, volume %, by difference			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Tests on residue from distillation								
Penetration 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 *	T44 *	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Ductility at 77° F for residues of less than 200 penetration	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Ductility at 60° F for residues of 200-300 penetration	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Spot test (when specified) with †		T102						
Standard naphtha solvent			Negative—all grades					
Naphtha xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					
Heptane xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.
† The use of the spot test is optional. When it is specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirements and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم(11- 3)

SPECIFICATIONS FOR SLOW-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS *

Specification designation			SC-0	SC-1	SC-2	SC-3	SC-4	SC-5	SC-6
General requirements	ASTM Method	AASHO Test			The material shall be free from water.				
Flash point (Cleveland open cup), °F	D92	T48	150+	150+	175+	200+	225+	250+	275+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	....	....	....	....	....	....
Furol viscosity at 122° F, sec			....	75-150	....	....	....	....	....
Furol viscosity at 140° F, sec			....	....	100-200	250-500	....	....	....
Furol viscosity at 180° F, sec			....	....	....	....	125-250	300-600	....
Furol viscosity at 210° F, sec			....	....	....	....	....	....	250-500 †
Water, %	D95	T55	0.5−	0.5−	....	....	....	....	....
Distillation									
Total distillate to 680° F	D402	T78	15-40	10-30	5-25	2-15	10−	5−	2−
Float test on residue at 122° F, sec	D139	T50	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150	75-200	150-350
Asphalt residue of 100 penetration, %	D243	T56	40+	50+	60+	70+	75+	80+	90+
Ductility asphalt residue at 77° F	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 ‡	T44 ‡	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Spot test §		T102	....	....	....	....	....	....	....

* The requirements given in this table are those of *AASHO Designation M141-49*, but the table has been rearranged and the test numbers added. The table also corresponds to the specifications of the Asphalt Institute, except that the SC-6 grade has been added.
† Approximate penetrations for SC-6 range from 200 to 350.
‡ Carbon tetrachloride used in place of carbon disulfide, method 1.
§ Many highway agencies specify that slow-curing asphalts show a negative reaction to the spot test. This requirement is not a part of the Asphalt Institute specifications.

جدول رقم(11- 4)

TABLE 5. SPECIFICATIONS FOR RAPID-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS

AASHO Designation M81-48

Specification designation			RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
General requirements	ASTM Method	AASHO Test	The material shall be free from water.					
Flash point (open tag), °F		T79	......	......	80+	80+	80+	80+
Furol viscosity at 77° F, sec	D88	T72	75-150	......	......	......	......	......
Furol viscosity at 122° F, sec			......	75-150	......	......	......	......
Furol viscosity at 140° F, sec			......	......	100-200	250-500	......	......
Furol viscosity at 180° F, sec			......	......	......	......	125-250	300-600
Distillation								
Distillate (% of total distillate to 680° F)								
To 374° F	D402	T78	15+	10+	....	....	....	....
To 437° F			55+	50+	40+	25+	8+	....
To 500° F			75+	70+	65+	55+	40+	25+
To 600° F			90+	88+	87+	83+	80+	70+
Residue from distillation to 680° F, volume %, by difference			50+	60+	67+	73+	78+	82+
Tests on residue from distillation								
Penetration 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductility 77° F	D113	T51	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Solubility in carbon tetrachloride, %	D4 *	T44 *	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Spot test (when specified) with †		T102						
Standard naphtha solvent			Negative—all grades					
Naphtha xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					
Heptane xylene solvent, —% xylene			Negative—all grades					

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.
† The use of the spot test is optional. When it is specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha xylene solvent, or the heptane xylene solvent will be used in determining compliance with the requirements and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

جدول رقم(11- 5)

SPECIFICATIONS FOR EMULSIFIED ASPHALTS *

Specification designation	ASTM Method	AASHO Test	Quick Setting		Medium Setting				Slow Setting	
			RS-1	RS-2	MS-1	MS-2	MS-3	MS-4	SS-1	SS-2 ‡
Description and principal uses			Low viscosity for surface treatment and bituminous macadam	High viscosity for surface treatment and bituminous macadam	For paved mixes with coarse aggregate	For plant mixes with coarse aggregate	For plant mix and general maintenance patching with coarse aggregate	Resistant to freezing—(same uses as MS-3)	For fine-aggregate mixes, soft asphalt	For fine-aggregate mixes, Hard asphalt
Tests on emulsion	D244	T59								
Furol viscosity at 77° F, sec			20-100	......	20-100	100+	......	......	20-100	20-100
Furol viscosity at 122° F, sec			......	50-300	......	......	......	......	......	......
Residue by distillation, %			57+	62+	55+	60+	65+	65+	57+	58+
Settlement, 5 days			3-	3-	3-	3-	......	......	......	......
Demulsibility, 50 ml, 0.1 N. $CaCl_2$, %			......	......	45- †	45- †	......	......	......	......
Demulsibility, 35 ml, 0.02 N. $CaCl_2$, %			30-90	50+	......	......	......	......	1.0- ‡	1.0-
Sieve test, %			0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.10-	0.05-	0.10-
Miscibility with water			......	......	Pass	Pass	Pass	Pass	......	Pass
Stone-coating test			......	......	Pass	Pass	Pass	Pass	......	......
Freezing test			......	......	......	......	......	Pass	......	......
Modified miscibility, %			......	......	......	......	......	......	4.5	......
Cement-mixing test, %			......	......	......	......	......	......	2.0-	2.0-
Tests on residue										
Penetration, 77° F, 100 g, 5 sec	D5	T49	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubility in carbon disulfide										
Petroleum asphalts, %	D165	T44	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+	97.5+
Native asphalts, %			95.0+	95.0+	95.0+	95.0+	95.0+	95.0+	95.0+	95.0+
Ash, %			2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-	2.0-
Ductility at 77° F	D113	T51	40+	40+	40+	40+	40+	40+	40+	40+

* Based on *AASHO Designation M140-49*, except that the AASHO specifications do not include SS-2 grade. Specifications for it are those of the Asphalt Institute.
† This limit is for ordinary use. If it is desired to set more restrictive specifications, based on climatic conditions, the following are suggested: for hot dry climates 0-30%, for mild climates 5-30%, for cool damp climates 20-45%.
‡ Asphalt Institute specification. Not prescribed by AASHO.

Specifications and Tests for Bituminous Binders 459

جدول رقم(11- 6)

TEMPERATURES AT WHICH VARIOUS BITUMINOUS MATERIALS SHALL BE APPLIED

Material		Temperature, °F		
Description	Designation	Correct for Average Conditions	Min.	Max.
Asphalt cement	60-70, 70-80, 85-100	250-325	225	350
Asphalt cement	150-200, 200-300	250-275	225	325
Asphalt waterproofing primer	Primer A *	50-80	40	100
Rapid-curing liquid asphalt	RC-0 & RC-1 *	75-125	50	150
Rapid-curing liquid asphalt	RC-2 & RC-3 *	100-150	75	175
Rapid-curing liquid asphalt	RC-4 & RC-5 *	175-225	150	250
Medium-curing liquid asphalt	MC-0 & MC-1 *	75-125	50	175
Medium-curing liquid asphalt	MC-2 & MC-3 *	150-200	125	225
Medium-curing liquid asphalt	MC-4 & MC-5 *	200-250	175	275
Slow-curing liquid asphalt	SC-0 & SC-1 *	75-125	50	175
Slow-curing liquid asphalt	SC-2 & SC-3	175-225	150	250
Slow-curing liquid asphalt	SC-4, SC-5, SC-6	225-325	200	375
Asphalt emulsion	RS, MS, SS, WPE	60-120	50	150
Brick filler	F-1	400-475	375	500
Brick filler	F-2	475-500	450	525
Waterproofing asphalt	WPA	300-350	275	375
Powdered asphalt	Pwd. A			
Tar waterproofing primer	Primer T	50-80	40	100
Light tar	RT-1, RT-2, RT-3	80-120	60	140
Medium tar	RT-4, RT-5, RT-6	125-150	100	200
Heavy tar	RT-7, RT-8, RT-9	185-225	175	250
High-carbon tar	RT-10, RT-11, RT-12	185-225	175	250
Tar cutback	RTCB-5, RTCB-6 *	80-120	60	120
Waterproofing pitch	WPP	250-350	200	375

From *Construction and Material Specifications*, Ohio Department of Highways, January 1, 1949.

* These materials contain flammable volatile constituents and extreme care must be used in handling and heating.

جدول رقم(11- 7)

ب. محلول الاسفلت متوسط التطاير (M.C) (Medium Curing):

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة مذيبة(كاز) وهذه المادة أقل تطايراً من الصنف الأول، ويندرج تحت هذا الاسم ست مجموعات مبينة في الجدول المرفقة في آخر المادة.

ويمكن تقسم هذا النوع حسب لزوجته إلى:

M_{c30}, M_{c70}, $M_{c\ 250}$, M_{c800}, M_{c3000} اعتماداً على لزوجته أماكن استعمال هذه الأنواع:

M_{c30}, M_{c70} يستخدمان كوجه تأسيس (Prime Coat) للأسطح المحتوية على مواد ناعمة متوسطة ودرجةحرارته عند الاستعمال ما بين (15- 60)مْ.

M_{c250}, M_{c800} يستخدمان في الخلطات الاسفلتية الباردة على جوانب الطرق وللموادالمحتوية على نسبة متوسطة من الحصمةالناعمة ودرجة حرارته عند الاستعمال ما بين (50 - 90)مْ.

M_{c3000} فيتميز بإنها شديدة اللزوجة وتستخدم أيضاً في الخلطات الباردة في المصنع غالباً وتتراوحدرجة حرارتهاعند الاستعمال ما بين (90- 120)مْ.

والجداول من(1/11 إلى 7/11)تبين مواصفات هذه المواد.

ومحلول الاسفلت بطء التطاير (S.C) Slow Curing:

ويستخرج هذا النوع من تقطير الموادالخام للبترول، ويتم إنتاجه بخلط الاسفلت الجامد+ مادة مذيبة كالديزل، ويستخدم في الخلطات التي بها نسبةعالية من الحصمة الناعمة ليسمح بتخلخل المخلوط خلال هذه الحصمة ويغلفهاتماماً.

وتقسم هذا النوع إلى ستة أنواع كما في الجداول من(11- 1،11- 7)، إما إذا اعتمدنا اللزوجة كتصنيف فتقسم إلى S_{c70}, S_{c250}, S_{c800}, S_{c3000}.

S_{c70} يستخدم في أعمال التأسيس (Prime Coat) حيث تزداد كمية المواد الناعمة في الخلطة الاسفلتية وهذا النوع يسبب عند درجات الحرارة العادية.

$Sc_{250,800}$ فهاتان تستخدمان في أعمال الخلط على جوانب الطريق عندما تكون كمية الحصمة بها نسبة متوسطة من المواد الناعمة ولزوجتها من السابقة.

S_{c3000} فيحتاج إلى عملية تسخين لتسييلة واستخدامه في خلطة الاسفلت في المصنع غالباً وهذه المادة لزجة جيداً في درجة الحرارة العادية.

والجداول من(11/1- 11/7) تبين مواصفات المواد أعلاه.

ثانياً: الاسفلت المائي(المستحلب) Emulsified Asphalt:

يتم الحصول على هذا النوع من الاسفلت المستحلب كالتالي:

أ. يسخن الاسفلت الجامد حتى يصل إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (100- 130) مْ.

ب. تسخين الماء إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (60- 70)مْ مع مادة الصابون أوالنشا الذي يسبب الرغوة.

ج. يوضع المزيج من (أ،ب) في خلاطة ويضاف للمزيج مادة كيماوية وتدار الخلاطة مع الهز بسرعة عالية جداً.

د. يترك المزيج ليبرد (ويحمى من البرد والصقيع في الأماكن الباردة).

وهذا المزيج هوعبارة عن حبيبات صغيرة معلقة في الماء(بسبب الصابون والنشا) وهذا المزيج هو ما يسمى الاسفلت الرغوي اوالاسفلت المائي أوالاسفلت المستحلب.

وتكون نسبة تركيزالاسفلت الجامد في المحلول (60٪) للمحلول المستخدمة في الوجه الختامي للطريق وتقل هذه النسبة لتصل إلى ما بين (30- 50٪)، للمحلول المستخدم في رشةالوجه (ورقة الاسفلت) كوجه تأسيس أو لمعالجة سطح الطريق.

ويستخدم هذاالنوع كوجه تأسيس (Prime Coat)، كوجه لاصق (Tack Coat)، كوجه ختامي (Finishing Coat)، أو لسدالشقوق (Sealing Coat)، وفي الخلطات الاسفلتية.

ويتبخر الماء من المستحلب عند رشه ويعتمد التبخر على مايلي:

1. سرعة التبخر.
2. التفاعل بين المستحلب والحصمة.
3. الخاصيةالشعرية وامتصاص سطح المواد للمستحلب.
4. الحركة والهز أثناء عملية الدحل والرج الميكانيكي.

ويمكن تقسم الاسفلت المستحلب إلى ثلاثة أقسام حسب سرعة التصلب:

R.S	Rapid Set	سريع التصلب	الأقل تركيزاً
M.S	Mednum Set	متوسط التصلب	
S.S	Slow Set	بطئ التصلب	الأكثر استقراراً

(R.S) يستخدم لطبقةالوجه الختامي ولمعالجة السطح ولإعمال رصفة مكادم.

(M.S) يستخدم في أعمال الخلط على جوانب الطريق.

(S.S) يستخدم كوجه لاصق ومع الخلطة ذات الحصمةالناعمة.

ويستخدم هذا النوع مع الحصمة الرطبة حتى في الأجواء الباردةحيث لا يحتاج إلى عملية تسخين والجدول السابقة يبين خصائص المواد من جداول (1/11- 7/11).

تغيراللزوجة مع الوقت للاسفلت المحلول والاسفلت المستحلب، وتزداد اللزوجةتدريجياً في الاسفلت المحلول وفقاًلتطايرالمواد المذيبة اوالمساعدة التي تحتوي عليهاحتى تصل لدرجة الاسفلت الجامد ثم تثبت قيمة اللزوجة، بينما في الاسفلت المستحلب تزداد اللزوجة فجائياً عندما يتصلب الاسفلت المستحلب.

والأشكال من(1/11- 7/11) يبين ذلك.

مما سبق تبين أهمية الأسفلت واستخداماته بشكل كبير ومن الخواص المطلوبة في الاسفلت:

1. القوام.
2. التحمل مع الدوام للعوامل الجوية والطقس.
3. معدل جفاف الاسفلت.
4. مقاومته للمياه.

ويتم كل ما سبق بإجراء فحوصات الاسفلت الضروريةاللازمة للتعرف على خواص ومواصفات الاسفلت المطلوبة.

TEMPERATURES AT WHICH VARIOUS BITUMINOUS MATERIALS SHALL BE APPLIED

Material		Temperature, °F		
Description	Designation	Correct for Average Conditions	Min.	Max.
Asphalt cement	60–70, 70–80, 85–100	250–325	225	350
Asphalt cement	150–200, 200–300	250–275	225	325
Asphalt waterproofing primer	Primer A *	50–80	40	100
Rapid-curing liquid asphalt	RC-0 & RC-1 *	75–125	50	150
Rapid-curing liquid asphalt	RC-2 & RC-3 *	100–150	75	175
Rapid-curing liquid asphalt	RC-4 & RC-5 *	175–225	150	250
Medium-curing liquid asphalt	MC-0 & MC-1 *	75–125	50	175
Medium-curing liquid asphalt	MC-2 & MC-3 *	150–200	125	225
Medium-curing liquid asphalt	MC-4 & MC-5 *	200–250	175	275
Slow-curing liquid asphalt	SC-0 & SC-1 *	75–125	50	175
Slow-curing liquid asphalt	SC-2 & SC-3	175–225	150	250
Slow-curing liquid asphalt	SC-4, SC-5, SC-6	225–325	200	375
Asphalt emulsion	RS, MS, SS, WPE	60–120	50	150
Brick filler	F-1	400–475	375	500
Brick filler	F-2	475–500	450	525
Waterproofing asphalt	WPA	300–350	275	375
Powdered asphalt	Pwd. A			
Tar waterproofing primer	Primer T	50–80	40	100
Light tar	RT-1, RT-2, RT-3	80–120	60	140
Medium tar	RT-4, RT-5, RT-6	125–150	100	200
Heavy tar	RT-7, RT-8, RT-9	185–225	175	250
High-carbon tar	RT-10, RT-11, RT-12	185–225	175	250
Tar cutback	RTCB-5, RTCB-6 *	80–120	60	120
Waterproofing pitch	WPP	250–350	200	375

From *Construction and Material Specifications*, Ohio Department of Highways, January 1, 1949.

* These materials contain flammable volatile constituents and extreme care must be used in handling and heating.

جدول رقم(11- 7)

Typical Examples of Proportioning for Asphaltic-Concrete Surface Courses

By Percentages Passing and Retained

Sieve Openings for Aggregate		Percentages by Weight							
		Oregon, 1917 (Bitu-lithic)	Missouri		New York	Ohio		Washington	
Passing	Retained		Type B	Type D	Type 1A	Type A	Type C	Class A	Class C
1½ in.	¾ in.	36-50							
1 in.									
1 in.	¾ in.					0-5		100	
1 in.	½ in.				6-5				
¾ in.			100	100				25-50	
⅝ in.	½ in.		0-5	. 0-5		6-20			
½ in.									
½ in.	¼ in.								100
½ in.	⅜ in.					7-30	0-7		0-10
½ in.	¼ in.	12-20	7-17	24-40	12-30				
⅜ in.	No. 4					10-35	25-45	15-30	30-50
¼ in.	⅛ in.				25-45				
¼ in.	No. 10	8-12	8-19	28-46					
No. 4	No. 6					0-10	0-15	5-20	20-40
No. 6	No. 50					20-45	20-45		
⅛ in.	No. 20				16-32				
No. 10									
No. 10	No. 40		9-21	10-22				25-35	20-35
No. 10	No. 200	24-32						20-50 †	20-50 †
No. 20	No. 80				6-16				
No. 40	No. 80		11-24	3-14				20-50 †	20-50 †
No. 50	No. 200					3-15	3-15	15-35 †	15-35 †
No. 80					3-30				
No. 60	No. 200		9-21	3-14					
No. 200		4-7	6-16	2-7		0-5	0-5	6-18 †	6-18 †
Total retained on no. 8						50-60	40-55		
Filler, % by wt.			*	*				1.0-2.0	1.0-2.0
Asphalt, % by wt.		6-9.5	5-9	3.5-8	5.5-7.5	5-9.5	6-10	4.5-6	4.5-7
Penetration			60-70	60-70		85-100	85-100		

* Filler specified, but included in percentages shown.
† That portion of aggregate passing the no. 10 sieve is considered separately as 100% in determining these limits.

جدول رقم (11- 8)

TYPICAL EXAMPLES OF PROPORTIONING FOR ASPHALTIC CONCRETE

By Per Cent Passing

Sieve Openings for Aggregates	Per Cent by Weight Passing Sieves									
	Asphalt Institute		Calif. Div. of Hwys. (1949)			Georgia Hwy. Dept.			Penn. Dept. of Hwys.	
	Surface Course									
	1 In. Max.	¾ In. Max.	Base Course	Leveling Course	Surface Course, Type A	Binder Course, Type A	Surface Course, Type C	Surface Course, Type B	Binder Course	Wearing Course
2½ in.			100							
2 in.			90–100							
1½ in.						100	100			
1¼ in.				100						
1 in.	100		70–95	90–100	100	95–100	93–100	-	100	
¾ in.	95–100	100			90–100				90–100	
½ in.	75–90	95–100	48–62	60–80	70–85	45–80	50–75	100	55–80	100
⅜ in.								95–100		80–100
No. 4	45–60	60–80	28–42	32–43	40–52	25–40	35–50		30–50	45–70
No. 8			23–32	25–36	35–40			50–80	20–40	30–55
No. 10	35–47	40–55								
No. 16						10–25	20–35	35–50		
No. 20									10–22	20–40
No. 30			17–28	19–27	15–28					
No. 40	23–33	25–35								
No. 50							10–20	15–25	3–15	5–25
No. 80	16–24	18–27								
No. 100			6–14	7–15	8–16	0–10	7–10	10–15	0–10	2–12
No. 200	6–12	8–15	1–4	1–5	4–8	0–5	3–7	5–10	0–5	2–8
Filler, % by wt.	*	*	None	None	3–5 †	None	*	*	None	*
Asphalt, % by wt.	6–8	6–6.5	4.5–5	4.5–5.5	5–6.5	4.5–7	5.5–9	6–10	5–7.5 ‡	5–9 ‡
Penetration	50–60 to 85–100		60–70 to 120–150				85–100			

* Filler specified, but included in percentages shown.
† This filler is included in the gradings shown above.
‡ These percentages are for stone aggregate. They increase to 6–9 and 7–10 for binder and wearing courses if slag is used.

جدول رقم(11- 9)

تصميم الخلطة الاسفلتية الخرسانية الساخنة:

(Asphaltic or Bituminous concrete Pavements)

يقصدباصطلاح الخرسانةالاسفلتي(Asphalitic Concrete) نوع سطح الطريق المصنع من الحصمة المدرجة الساخنة ومواد ناعمة المخلوطة بالاسفلت الساخن، والخرسانة البيتومينية اصطلاح أكثر شيوعاًالمكون من الاسفلت الخرساني وخلطات مشابهةمع القارالمكرر (Refined Tar).

والحصمةالخشنة هنا هي الحجارة المكسرة،الحبث المكسر(خبث الأفران والمصانع) أوحصمة كبيرة مكسرة مضافاً لهاالرمل أوالرمل ومواد مالئة.

والحصمة الناعمة هي الجزئيات أوالحبيبات المتدرجة في الحجم من منخل رقم(10) على منخل رقم(4) وما دونه، ويحتوي على الرمل أو الحجر المار من المناخل أوالاثنين معاً، ويجب أن تكون الحصمة خاليةمن الأوساخ والموادالعضوية وتتدرج في الحجم من الخشن إلى الناعم.

في بعض الأحيان تستخدم المواد المالئة كعنصر ومكون منفرد للخرسانة الاسفلتية، ومن العناصر المالئة هومسحوق الحجرالجيري الناعم، الاسمنت البورتلندي أوغبار بعض المعادن.

تحضيرخلطة الاسفلت الخرساني:

Preparation of bituminous – concrete Mixtures

يجب أن تتوفرالمصبع الساخن (Ht Plants)الذي ينتج مثل هذه الخلطات مكلف ومعقد، والشكل(8- 9) يبين رسماً لهذا المصنع.

وفي المدن الكبيرة حيث الطلب على موادالرصفة مستمر فالتمديدات الدائمة التي تخدم المناطق الحضرية والعواصم قد وجدت، وفي المناطق الريفية والزراعية تحتاج المشاريع المنفردة إلى مصانع متحركة لتصل إلى الموقع ولذلك يجب أنشاء خط سكك حديدية أوالطرق السريعة، والموادالاسفلتية تنقل من موقع التكرير إلى المصنع الحار (Hot plant) في شاحنات أو تنكات خاصة تسخن المواد بواسطة ملفات حرارية غازية ذات سعات ما بين(6500- 10000) جالون وتحمل الموادالرابطة في حرارتها العليا(تنخفض الحرارة أو تقل بمعدل(15- 20)مْ لكل يوم أثناءالنقل متأثرة بالأحوال الجوية).

فرش ودحل خلطة الاسفلت الخرساني

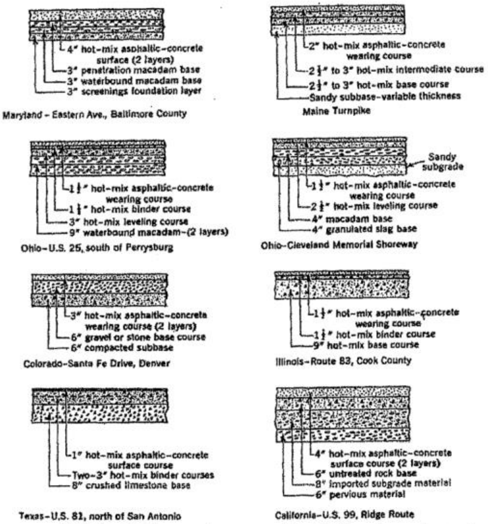
لنقل هذه الخلطات بواسطة القلابات إلى موقع الطريق من المصنع فإذا كانت المسافةطويلة يتوجب تغطية القلابات لتقليل النقص في الحرارة ولا يفضل فرش هذه الخلطة في ظروف باردة أوماطرة.

وتستخدم الآن الآليات الحديثة لفرش الخلطة وتسمى الفراشات، ويحدث عمق الطبقة قبل عمليةالدحل ومن النادر أن تفرش طبقات سماكتها أكثر من (9) سم، ولكن تفرش على طبقتين وتدحل كل طبقة منفردة ويتم دحل الطريق مرات عديدةحتى لا تترك هناك آثار لعجلات المدحلة، ويتم الدحل من الأطراف ثم يتجه إلى المنتصف، والدحل إما أن يكون على كامل طول الطريق باتجاه واحد ثم العودة وهكذا أو يكون دحل مقاطع من الطريق أو بشكل قطري ويفضل المداحل ذات الثلاثة محاور ويمكن أن تربط المحاور الثلاث لتعمل المدحلة ككتلة واحدة أويثبت المحور الأوسط على مستوى أعلى أو أدنى كما هو مطلوب، ويفضل التأكد من كثافة الدمك ليصل إلى(95٪) من الدمك الأقصى، والسطح المدموك غالباً ما يكون مانعاًلنفاذية الماء(السوائل) ومستوياً تماماً مقداره $\left(\frac{1}{8}\right)$ أنش فقط لكل 16 قدم طول.

التصميم النموذجي لطريق الخرسانة الاسفلتية
Typical Design for bituminous Pavement

بعض الطرق الخرسانيةالاسفلتية لها سماكة كلية مقدارها (2) أو(5) سم مدحول تستطيع تحمل أعداد كبيرة من الحمولات الثقيلة ويفترض في هذه الطرق الارتكاز إلى قاعدة كافية قوية، وفي بعض الحالات يبلغ عمق الطريق أكثرمن(30)سم/12انش وفي السنوات القريبة والحالية زادالطلب على أنشاءطرق ذات سماكات قليلة شريطة أن تكون رصفة الطريق مرتكزة على طبقة أساس ممتازة.

هـذه التـصاميم مبنيـة علـى فكـرة أن الهـدف مـن سـطح الطريـق هوحمايـة القاعـدة مـن عوامـل الطقـس وعمليـات الحـف والحـت مـن قبـل حركـة الـشاحنات والـسيارات علـى سـطح الطريـق والـشكل رقـم (11- 8) يـبين مقـاطع نموذجيـة مختلفة ويجب ملاحظة الفروقات في طبقة ما تحت الأساس الذي يؤثر كثيراً على الفروقات في سمك الطبقات والقاعدة الشكل رقم(11- 2).



Typical asphaltic concrete pavement installations for roads carrying large volumes of heavy traffic (Data collected by The Asphalt Institute)

الشكل رقم (11- 2)

الوحدة الثانية عشرة

خراب الطرق وصيانتها

المقدمة:

صيانة الطرق هي الهم الأكبر لدوائر الصيانة للطرق السريعة والشوارع حيث أن ما يرصد من موازنة لهذا البند هو قليل نسبياً.

ولكبر الفروقات والتغيرات في أنواع التربة، الطقس، والتضاريس، الشاحنات والسيارات بأنواعها وعوامل أخرى تنشأ مشاكل متعددة حتى للمناطق المحدودة (مساحات صغيرة)، وبعض المناطق وعرة وجبلية وبعضها سهل ومستوٍ، وبعض المناطق تساقط المطر فيها كبير وبعضها قليل وشبه صحراوية، بعض الطرق عريضة وبعضها ضيقة، ومنها ما يتحمل أحمال كبيرة ومنها أحمال صغيرة خفيفة.

لكل ما ذكر أعلاه وبالرغم من هذه الفروقات فإن هناك طرقاً متعددة للصيانة تستعمل بشكل جيد في كل المناطق.

وتشير إلى بعض الاصطلاحات المستخدمة في أعمال الصيانة منها:

1. الاسفلت الخرساني (الجامد) (Asphalt concrete): وهو اسفلت اسمنتي ساخن وحصمة متدرجة ذات نوعية ممتازة مدموكاً جيداً في كتلة كثيفة موحدة.
2. طبقة روبة الاسفلت المستحلب: (Asphalt Emulsion slurry Seal)، وهو مزيج من خليط من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب وحصمة ناعمة ومادة مالئة بالإضافة للماء لإنتاج الروبة المتجانسة.
3. طبقة الاسفلت الضبابي: (Asphalt Fog seal) وهو طبقة خفيفة من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب مخفف بالماء، ويستخدم لإعادة تجديد وجه الاسفلت القديم ولإغلاق الشقوق وفراغات الأسطح، ويخفف هذا بكمية من الماء مساوية لكمية الاسمنت المستحلب ويرش رشاً بمعدل (0.1 – 0.2) غالون/لكل ياردة مربعة اعتماداً على النسيج وجفاف السطح القديم.

4. طبقةاسفلت التسوية: (Asphalt leveling course): طبقة مختلفة السماكة تستخدم للحد من عدم استوائية الطريق قبل وضع طبقة المعالجة(والطبقةخليط من الاسفلت وحصمة).
5. طبقة إضافية (Asphalt Overlay): طبقة أوأكثر توضع على سطح الطريق الموجود، وهذه تستخدم أيضاًلتصحيح مناسيب الطبقة القديمة ومتبوعة بطبقة أوطبقات للحصول على السماكة المطلوبة، (في بعض الأحيان تعتبر هذه الطبقة كطبقة إنشائية وليست صيانة).
6. طبقةالسطح(Asphalt Pavement) وهي طبقة من الحصمة مرشوشة بطبقة لاصقة من الاسفلت الاسمنتي موضوعة على طبقة أساس الطريق أوحجارة رصفة مكسرة أو أي طبقة أساس أخرى وحتى على طبقة اسمنتية خرسانية أو طوب.
7. وجه أسفلت تاسيس (Asphalt Prime Coat): طبقة ذات لزوجة قليلة ترش على السطح لتعمل كقاعدة رابطة لطبقةالأسفلت لسطح الطريق، ووظيفة هذا الوجه أيضاًالتخلخل في قاعدة الطريق وأغلاق الفجوات وتقسية السطح من أعلى وللمساعدة على الربط مع طبقة الاسفلت اللاحقة.
8. أسفلت غالق (Asphalt Seal Coat): طبقةخفيفة من الاسفلت تستخدم كوجه مانع للماء ولتحسين خاصية سطح التآكل ومن الممكن رش حصمة فوق هذه الطبقة أو عدم رش طبقة اعتماداً على الهدف من استخدام سطح الطريق، ومن أنواع هذا الاسفلت الرئيسية: الاسفلت المستحلب، والاسفلت الضبابي.
9. اسفلت معالجة السطح (Asphalt Surface Treatment): يستخدم لأي نوع من الطرق أو الرصفة دون أو مع طبقة من الحصمة والتي تؤدي إلى زيادة في السماكة أقل من(2.5سم).
10. اسفلت لاصق (Asphalt Tack coat): طبقة خفيفة من الاسفلت السائل ترش على اسفلت قديم أوخرسانة قديمة لتحقق التلاصق ما بين الطبقة المنشأة سابقاً والطبقة الجديدة التي سوف تفرش.

11. الانحناء (Deflection): وهو مقدار الهبوط العامودي للسطح نتيجة الأحمال الزائدة على سطح الطريق.
12. بنية الرصيف (Powement Ftructure): جميع الطبقات من مواد مختارة توضع على طبقة الأساس أو ما تحت الأساس عدا الطبقات المنشأة في عملية الفرشيات.
13. الخلاط المصنع (Plant Mix): خليط مصنوع في مصنع الاسفلت وتحتوي على الحصمة مخلوط بتجانس مع الاسفلت الاسمنتي أو الاسفلت السائل.
14. الرصف الاسفلتي العميق (Full – Depth – Asphalt Powement): وهي المنشآت الرصيفة والتي يستعمل فيها خلطة الاسفلت لجميع الطبقات فوق طبقة الأساس أوطبقة الأساس المجددة، وتوضع هذه الخلطات مباشرة فوق طبقة ما تحت الأساس.

1. تعريفات:

أ. تعريف الصيانة:

صيانة الطريق تعريف صعب توضيحه، فالبعض يسمونه تحسين الطرق والبعض يسميه صيانة والبعض يعني بـ الأعمال التي تبقى الطريق كما أنشأت وغيرهامن التعريفات لكن ومع أخذ كل هذه الاعتبارات فإن التعريف الذي يلاءم معظم التوضيحات هو:

العمل اليومي الذي ينفذ كي تبقي الطريق تحت الظروف العادية لمرور السيارات والآليات وقوى الطبيعة كأقرب ما تكون إلى الظروف التي أنشأت عندها الطريق.

ب. لماذا تعتبر الصيانة ضرورية:

تحتاج الطرق جميعها إلى صيانة والسبب الرئيس هوالضغوطات التي تنشأ وتسبب خراباً صغيراً ثابتاً لكل أنواع الطرق، مثل هذه الضغوطات تنشأ عن التغير في درجات الحرارة أومحتوى الرطوبة بسبب الآليات أوبالحركات الصغيرة في الطبقات التحتية الملاصقة للأرض أوالتربة، الشقوق والحفر والهبوطات وأي حالات أخرى هي الدليل المرئي لاهتراءالطريق، وهي المحصلة النهائية لإهتراء وخراب الطريق التي تبدأحيث ينتهي الأنشاء، وفي المناطق الحضرية والمدن تحفرالقنوات خلال الطريق لخطوط المياه والخدمات الأخرى وهذه تعتبرمن الأسباب الرئيسية لصيانة الطريق.

ج. الصيانة الوقائية:

التصليح في وقته عبارة تعني الفحص المبكر والعلاج للأعطال مباشرة، وهذا هو بل أهم عمل تقوم به فرق الصيانة، فالشقوق وتصدعات سطح الطريق التي في مراحلها الأولى تكون غيرملحوظة ممكن أن تتطور إلى أعطال كبيرة إذا لم تجر لهاالصيانة اللازمة مباشرة.

هذا السبب فيجب فحص الطرق بإستمرار ومراقبتها من قبل عمال متخصصون وهذا يوفرالوقت والجهد والمال على المدى البعيد، ومن الصعب رؤية الشقوق إذا ما كنا في عربة أو سيارة تمر على الطريق ولذلك فإنه يتوجب رؤية ذلك عن قرب بالمشي على سطح الطريق والتمعن في كل الشواهد على سطح الطريق عن قرب، ومن الممكن أيضاً رؤية بعض الإشارات الأخرى التي تدل على خراب في الطريق مثل الطين(رؤية الطين) وسيلان الماء على الأكتاف أو حتى على سطح الطريق نفسه والتي تعني للخبير بإن هناك مشكلة ستنشأ في المستقبل وعلى الفريق الذي يفحص الطريق أن يضع الخطط الجيدة للصيانة بأنواعهاالتي تحتاجه الطريق، وعلى جميع العاملين في فرق الصيانة أخذجميع احتياطات السلامة أثناء تفقدهم وكتابتهم لتقارير الصيانة للطرق(لباس، أحذية، نظارات،....).

2. صيانة الرصفات

Maintenance of Asphalt Pavements

أ. **أنواع الرصفات:** صيانة الرصفات تتناول الرصفة العميقة وحتى المعالجة السطحية وتشتمل على المسارب الرئيسية والاكتاف والشوارع الفرعية ومدارج الطائرات ومواقف السيارات وكل أنواع الرصفات الأخرى حتى الاسمنتية منها.

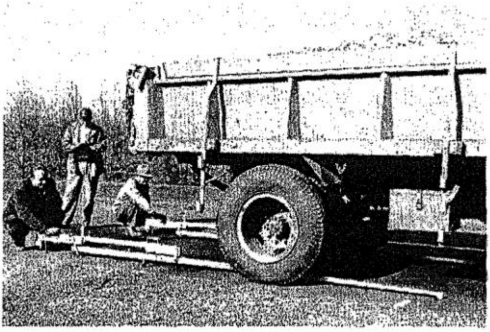
وسنتناول هنا الأنواع العادية من الأعطال والهبوطات في رصفات الاسفلت أسبابها وطرق علاجها بشكل عام.

ب. **الرطوبة والأساس الحبيبي:** في الوقت الراهن كثيرمن الرصفات الاسفلتية تحتوي على الوجه أوالسطح الاسفلتي فوق قاعدة حبيبة، وهذه القاعدة تتدرج من الحمصة (الحصى) إلى خليط المقلع من الحصى إلى الصخر والصخر المكسر، هذه الأنواع من القواعد تدوم طويلاً طالما أنها لا تتعرض لأي رطوبة أو تصرف الرطوبة بشكل جيد ولكن إذا ما تشبعت بالماء فإنهاتفقدقوتها سريعاً تحت الاثقال وعوامل لسير عليها(السيارات أو الشاحنات وغيره) وامتصاص الماء وتشبع هذه القواعد هوالعامل الأهم لمشاكل الصيانة فمنها ما تصبح طبقةالقاعدة لينة وتتشقق إلى ما يسمى الشقوق التمساح ونموذج خطوط الرجاج(متشعبة) ولذلك يجب معالجة أسباب حدوث هذه الأسباب وليس صيانة الشقوق فقط، وتصمم كثيراً من الرصفات ذات الأساس الحصوي بتصاريف خاصة لمنع تشبع الحصى بالمياه السطحية وحتى الجوفية، ولكن كثيراً من الرصفات الآن ذات الأساس الحصوي الطيني مغطاة بطبقة الاسفلت مشبعة وينشأ عنها مشاكل للرصفة(غالباًما تكون مثل هذه الرصفات(حصوية طينية) بها نسبة عالية من المواد الناعمة)، فعند سقوط الأمطار تتشبع هذه المكونات بالمياه (وعندالجفاف تفقد هذه المكونات المياه)، وبما أن طبقة الاسفلت تمنع تبخر المياه من خلالها فإن هذه المياه تحاول الهروب من خلال طبقات الأساس وما

تحت الأساس ومن الاكتاب مما يؤدي حتمياً إلى حدوث التشققات والهبوطات والتصدعات في جسم الطريق.

عليه يتوجب عندتفقد سطح الطريق أن نلاحظ وجود المادة الناعمة والماء المحبوس داخل مسامات وفراغات الطبقة لتحسن ظروف الصرف للمياه وأيضاً أن نستخدم أسفلت مخلوط داخل خلاطات الاسفلت وليس موقعياً على الطريق.

ويقاس مدى الهبوط الكبير في سطح طريق بجسر يسمى جسر بنكلمان كما في الشكل(12 - 1) وهو جسر رفيع يوضع طرفه بين عجلتي القلاب (المحمل) الخلفيتين والطرف الآخر يمتد على المنطقة الهابطة، وعندتحرك القلاب على الأمام بسرعة بطيئةجداً يرتدطرف هذا الجهاز إلى أعلى ويقاس هذا الارتداد ويقارن مع سطح طريق ليس به أي هبوط،او هبوطها قليل نسبياً وتعالج هذا الهبوط ويصان جيداً، ويقاس الارتداد بواسطة عداد قياس الارتداد المثبت على ذراع الجهاز (dial gauge).



—Benkelman beam (*Photo courtesy U.S. Bureau of Public Roads*)

الشكل رقم(12- 1) يبين جسر بنكلمان

ج. خلطات الترميم (Patching Mixtures)

كثيرمن خلطات الترميم تنزف فتصبح غير ثابتة وتتعرض لعمليات دفع بعد وضعها على السطح المنوي ترميمه، والسبب في هذا زيادة نسبة مادة الاسفلت في الخلطة وكذلك فإن من الأسباب هو عدم إعطاء الوقت الكافي لهذه الخلطة بالجفاف والسماح للمرور(السيارات والشاحنات) عليها، وعليه يجب اختيار تصميم خلطة جيدة بالرغم من ارتفاع كلفتها لتدوم هذه الخلطة طويلاً، وبالإمكان الحصول على خلطة ترميم ساخنة في الموقع بإستخدام سخانات خاصة للحجم المراداستخدامه، وأيضاً ممكن استخدام سيارات صغيرة تخلط مثل هذه الحجوم المراد استخدامها لذلك المكان شبيهة بسيارات الخلطات الجاهزة للخرسانة.

د. وجه التاسيس والوجه اللاصق (Prime and Tack coat):

إذا تبين أن أساس منطقة الترميم غيرمعالج فيجب تأسيسه بمعدل (0.2 - 0.3) جالون/ ياردة مربعة بالاسفلت السائل، فإذا لم تتوفر آلة الرش فيمكن رش الاسفلت يدوياً، ولكن يجب الحذر أن لا يستخدم كمية زائدة من هذا الاسفلت السائل، فيكتفي فقط برش الاسفلت بحيث يشكل السائل خطوطاً على طبقة الأساس مثل خطوط العنكبوت، وحواف القطع أو الحفرة مثلاً يجب رشها بوجه لاصق لتأمين التلاصق بين أسطح الحواف وخلطة الترميم.

وإذا استخدم وجه تأسيس ووجه لاصق يتوجب إعطاء الوقت الكافي لجفاف هذين الوجهين إذا كان الاسفلت من نوع الاسفلت المستحلب(حتى يتبخر في المستحلب وتجف الاسفلت)، قبل وضع خلطة الترميم.

وكذلك إذا استخدم الاسفلت سريع الجفاف أومتوسط الجفاف يجب أعطاءها الوقت الكافي حتى يتغلغل الاسلفت في المسامات والفراغات قبل وضع خلطة الترميم، ولخلطة الوجه يجب رش السطح باسفلت لاصق بكمية معقولة حيث أن زيادة كمية رش السطح بلأسفلت اللأصق يمكن أن يسبب انزلاق خلطة الترميم.

ه. فرد وفرش خلطة الترميم:

بعدتهيئة الحواف والسطح ورش وجه التأسيس والوجه اللاصق يتبقى فقط فرش ودحل خلطة الترميم.

يجب عدم رمي خلطة الترميم من القلاب مباشرة في المنطقة المراد وضع الخلطة عليها بل يجب تنزيلها بواسطة الكوريك من القلاب أو وضع مزراب أو ألواح خشب ثم ينزل عليهاخلطة الترميم ابتداءمن الحواف ثم إلى المنتصف للمنطقة المرادصيانتها ويجب استخدام الكميةالمناسبة فقط للترميم بحيث لو تم دحل هذه الطبقة يكون مستواها مع مستوى سطح الطريق وليس أعلى ولا أدنى من ذلك حتى لا تسبب ضرراً لمستخدمي سطح الطرق، كما في الشكل(12- 2).



Placing patching mixture

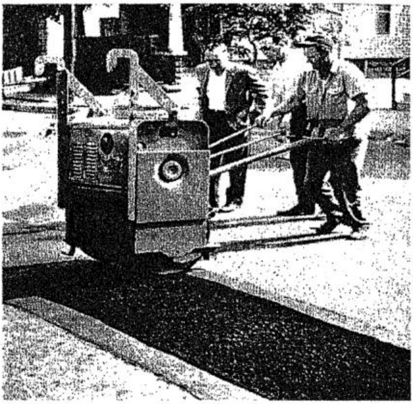
الشكل رقم (12- 2)

فرد وفرش خلط الترميم

و. دمك خلطة الترميم:

يجب مراعاة أن يكون مسار الرجاج أو المدحلة في شوط الذهاب وشوط الأياب متراكباً بمعدل لا يزيد عن(15)سم ويجب الدحل المتكرر على الطرف الآخرحتى يتم التلاحم جيداً عندحواف الأطراف، ويجب أن يتم الدحل من الطرف المنخفض إلى الطرف الأعلى في الذهاب والأياب ومراعاة التراكب بحيث يكون السطح الجديد كما أسلفنا في مستوى السطح القديم تماماً.

ولكن إذا استخدم الدمك اليدوي فيفضل أن يبقى السطح الجديد مرتفعاً قليلاً عن سطح الطريق الأصلي ومرور السيارات والشاحنات سيضغط على السطح الجديد ليصبح مستوياً تماماً مع السطح القديم كما في الشكل(12- 3).



Compacting patching mixture

دمك خلط الترميم وتسويتها

الشكل رقم(12- 3)

أ. التشققات (Cracking):

عام: التشققات تأخذ أشكالاً عديدة فالتشققات البسيطة صيانتها تتم بتعبئتها وفي يوم آخر يجب إزالة للمنطقة المتشققة تماماً وإجراء التمديدات لصرف الرطوبة والمياه تكون ضرورية قبل إجراء الإصلاح الجذري لهذه التشققات وعليه، فإن الإجراء الصيانة يجب تحديد نوع التشقق، والذي سنبينه هنا سيكون هو الطريق الأنسب وليست الوحيدة لإجراء الصيانة.

تشققات التمساح Alleator cracks: هذه تشققات متصلة مع بعضها البعض مشكلة مربعات أو مستطيلات أو أي شكل أخر شبيهة بجلد التمساح، أو أسلاك الرجاج(الذي يستخدم في القصارة)، كما في الشكل(12- 4).

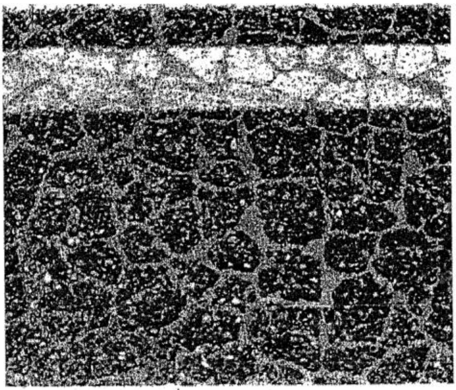


Figure II-4—Alligator cracks

الشكل رقم(12- 4)

تشققات التمساح

أسباب التشققات: السبب في مثل هذا النوع من التشققات يعود إلى الانحناءات الكثيرة للسطح على طبقة تحت الأساس أوالطبقات السفلية للطريق، الذي سببه تشبع طبقات الأساس أو ما تحت الأساس أوما تحت الأساس بالمياه أو الرطوبة ونتيجة لتكرر مرور الأحمال على هذا السطح أكبر من القدرة التصميمة للأوزان المصمم لها هذا السطح.

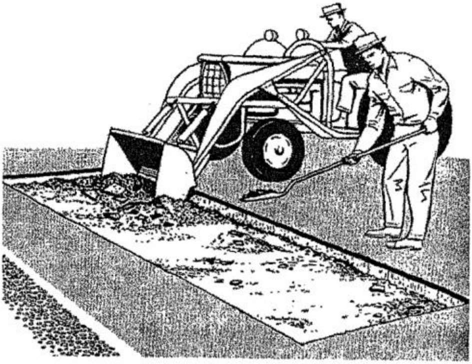
العلاج: من معرفة السبب أعلاه في حدوث مثل هذه التشققات يجب قزالة الطبقة أو المادة الرطبة وتركيب تمديدات صرف الرطوبة والمياه ثم وضع خلطة مصنع على (Plant Mix) المنطقة بكاملها للعمق المطلوب حتى الوصول إلى طبقة أساس جيدة فإذا لم تتوفر مثل هذه الخلطة فتوضع طبقات حصوية للأساس بما لا يتجاوز سمك(15)سم لكل طبقة تدمك جيداً وترش طبقة الأساس بوجه لاصق ثم توضع خلطة الترميم.

وإذا كان ضرورياً فتجرى صيانة مؤقتة بفرش حصمة ناعمة مع الاسفلت على هذه الشقوق والمنطقة المراد صيانتها كوجه خفيف، ولكن بعد ذلك يجب عمل الصيانة الدائمة للمنطقة.

الرصف الاسفلتي العميق (الصيانة الدائمة):

تتم الصيانة الدائمة بعمل التالي:

أ. أزل الطبقة السطحية وما تحتهاحتى العمق المطلوب للوصول إلى الطبقة الصلبة الثابتة وعلى الأقل(30سم)خارج منطقة التشقق، (الشكل 12- 5) هذا يعني إزالة بعض من طبقة ما تحت الأساس، وأعمل القطع على شكل مستطيل أو مربع بأوجه مستقيمة وعامودية، ويكون القطع متعامداً مع حركة اتجاه حركةالمرور وذلك بإستخدام منشارة قص الاسفلت أن كان ذلك ممكنا (Pavement Saw).



Removing surface and base

الشكل رقم(12- 5) إزالة السطح والقاعدة

ب. إذا كان سبب التشقق من المياه يتوجب عمل مصارف مياه أولاً.

ج. رش طبقة لاصقة اسفلتية على الحواف العمودية(الشكل 12- 6).



Applying tack coat to vertical surfaces

د. للحصول على أفضل النتائج أغلق الحفرة بـ خلطة مصنع ساخنة (الشكل 12- 7)، أفرش الخلطة بحذر لتمنع الانفصال في الخلطة (الشكل 12- 8)، إذا لم يتوفرخلطة المصنع الساخنة فأغلق الحفرة من حصمة أساس متدرجةجيدة وأزل الطبقة العليا من هذه الحصمة لتصبح أوطأ من مستوى سطح الطريق.



Backfilling hole with plant-mix

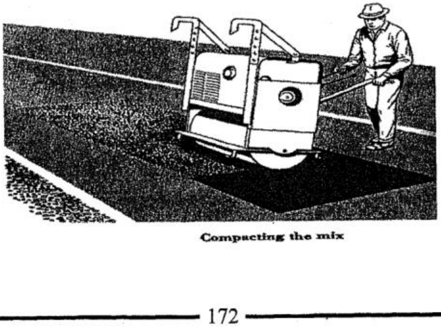
الشكل رقم(12- 7) إعادة التعبئة بخلط المصنع



Spreading the mix

الشكل رقم(12- 8) فرد الخلطة

ه. أدمك على طبقات إذا كان عمق الحفرة يزيد على(15سم) دمكاً جيداً، (الشكل 12- 9) بإداة دمك مناسبة لحجم الحفرة(رجاج ذو الصفيحة يكون مناسباً أومدحلة صغيرة للحفر الأكبر مساحة).

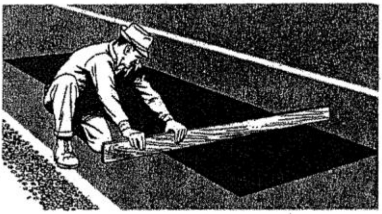


Compacting the mix

و. عبأ الحفرة بخلطة أسفلتية مباشرة ولا حاجة لوجه لاصق.

ز. إذا استخدم أساس حصوي يجب استخدام وجه لاصق، ثم تكمل الصيانة بفرش خلطة مصنع ساخنة، ودمكها للوصول إلى منسوب سطح الطريق الأصلي، فإذا لم تتواجد الخلطة الساخنة يمكن استخدام مخلوط من المادة واسفلت سائل(لتحصل على خلطة في الموقع)

ح. استخدم حنطاً أو مسطرة طويلة للتأكد من استوائية السطح وجودته، (الشكل 12- 10).

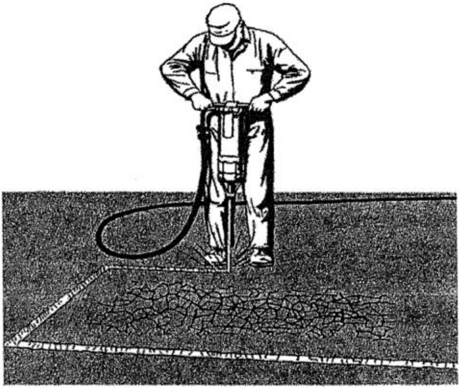


Straightedging the patch

الشكل رقم(12- 10) تسوية الخلطة مع وجه الشارع

الرقع السطحية Skin Patch (صيانة مؤقتة) للمناطق التي بها شقوق اوسع من (3.5) ملم:

أ. أعمل خندقاً صغيراً حول المنطقة التي تريد ترقيعها لعمل أوجه عامودية حول الحواف(الشكل 12- 11).



Cutting vertical face around cracked area

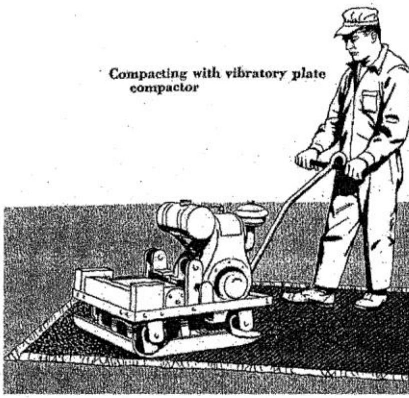
الشكل رقم (12- 11) تحديد موقع التشقق

ب. نظف المنطقة المتشققة بمكنسة أوبضاغطة هواء (Compressor) أن لزم ذلك.

ج. كنس خلطة المصنع الناعمة في الشقوق(الشكل 12- 12).

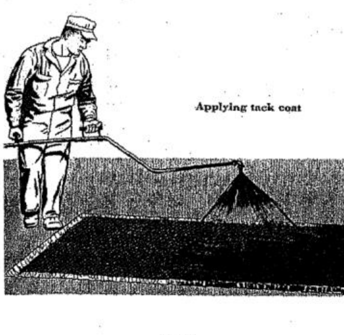


د. أدمك برجاج ذوالصفيحة أومدحلة ملساء صغيرة(لشكل 12- 13).



ه. أتأكد مع إغلاق الشقوق تماماً.

و. رش سطح التشققات بوجه لاصق(الشكل 12- 14).

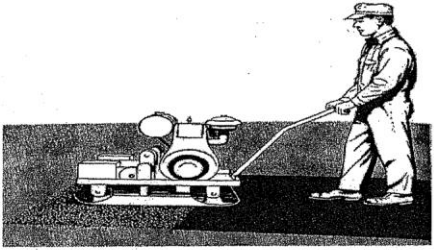


ز. ضع الرقعة السطحية من مادة اسفلتية مخلوطة في المصنع (Plant Mix) الشكل رقم(12- 15) فإذا لم تتوفر هذه المادة استخدم خلطة اسفلتية في المصنع باسفلت سائل، نظف الحواف جيداً وأزل الذرات الخشنة الكبيرة نسبياً قبل بداية الدمك.



Placing skin patch of hot plant-mix

ح. أدمك الرقعة جيداً برجاج ذوالصفيحة أومدحلة(الشكل 12- 16) فإذا لم يتوفر أي منهما بإمكانك استخدام عجلات القلاب الحامل للخلطة.

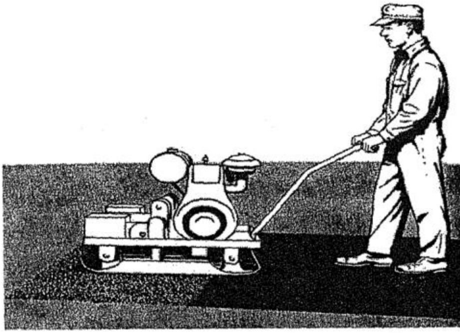


Compacting with vibratory plate compactor

الترقيع باستخدام الوجه المائي Aggregate Seal coat Patch (صيانة مؤقتة) للمساحات ذوات الشقوق الضيقة الأقل من (305) ملم:

أ. نظف المنطقة المتشقق بالمكنسة أو بضاغطة الهواء أن لزم ذلك.

ب. رش الأسفلت السائل بالكمية المطلوبة(سواء المستحلب أوالسريع الجفاف أومتوسط الجفاف) على المنطقة المنطفة، الشكل(12- 17) من (0.15 – 0.25) جالون/ الياردة المربعة، وهذه الكمية كافية للوجه المائي فإذا استخدمت كمية أكبر في الشقوق فيجب زيادة كمية الاسفلت المستخدمة قليلاً.



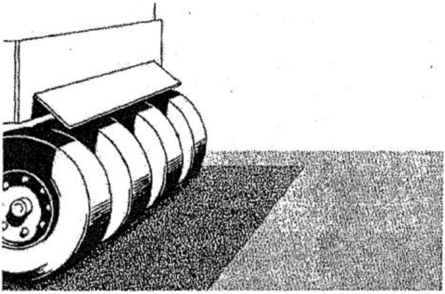
Compacting with vibratory plate compactor

ج. رش طبقة من الحصمة الناعمة (الرمل) فوراً بعد رش الاسفلت (الشكل 12- 18) (استخدم رمل من منخل $\frac{1}{4}$" وحتى رقم 10).



Applying cover aggregate

د. أدحل الوجه المائل بمدحلة ذات عجلات مطاطية، الشكل(12- 19)، فإذا لم تتوفر هذه بإمكانك استخدام عجلات القلاب الحامل للمادة.



Rolling seal coat with rubber-tired equipment

ه. انتظرحتى يجف السطح تماماً قبل السماح للسيارات بالمرور على السطح.

روبة الوجه المائي(صيانة المؤقتة) لمساحات المتشققة نتيجة للإحمال الزائدة :Slurry Seal Patch

أ. نظف المساحة المتشققة بالمكنسة وأن كان ضرورياً بضاغطة الهواء.

ب. رش وجه مائي من روبة الاسفلت المستحلب ودعها تجف قبل مرور السيارات على السطح.

التشققات الحدية(الحواف) Edge Cracks:

هذه تشققات طولية حوالي القدم(30سم) من حافة الرصف دون أو مع تشققات مستعرضة متفرعة بإتجاه الاكتاف، والشكل رقم(12- 20) يبين ذلك:



Edge crack (*Photo courtesy Ohio Highway Department*)

شكل رقم (12- 20) – شقوق الحواف

اسباب التشققات: تنشأ هذه التشققات نتيجة لعدم دعم الاكتاف الطولية الجانبية، ومن الأسباب الأخرى هبوط الطبقات تحت المساحة المتشققة والتي بدورها ضعيفة التصريف أوالتصريف الرديء أو نتيجة للتجمد أو الانكماش الذي يمنع جفاف المنطقة المجاورة حولها، ومن الأسباب الأخرى أيضاً امتدادجذور الشجيرات والأشجار القريبة من حواف الطبقات.

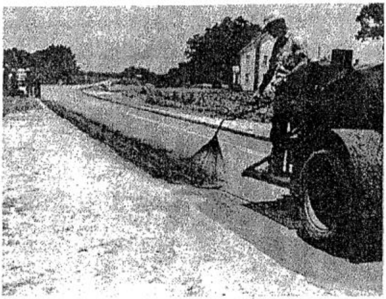
العلاج والصيانة: للصيانة المؤقتة أوالدائمة أملأ التشققات بروبة الاسفلت المستحلب أوالاسفلت السائل المخلوط بالرمل فإذا أرتأيت استقرارحواف الأكتاف فوازي السطح القديم بطبقة من خلطة مصنع ساخنة ويتم العمل كالتالي:

أ. حسن نظام التصريف بعمل المواسير أوالعبارات إذا كان ذلك ضرورياً.

ب. نظف السطح والتشققات بالمكنسة والهواءالمضغوط ان لزم.

ج. املأالشقوق بروبة الاسفلت المستحلب المخلوط بالرمل وأمسح بقشاطة ما هوموجود على السطح من بقايا رمل وخلافه.

د. رش طبقة أوجه لاصق، بشكل رقم(12- 21).



-Applying tack coat

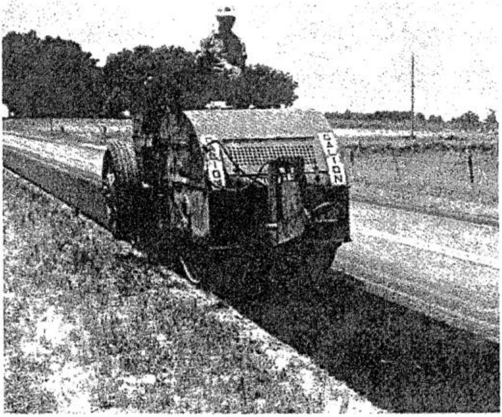
الشكل رقم (12- 21)

٥. املأالفراغ حتى مستوى السطح للطريق برش وجه من أسفلت المصنع الساخن، الشكل رقم(20- 22) وتأكد من استوائية السطح بحافة المسطرة أوالخليط، وأدمك برجاج الصفيحة أو بمدحلة صغيرة، وتأكد من استوائية الوجه ونظافته، الشكل رقم(12- 23).



Spreading hot plant-mixed asphalt material on settled edge

الشكل رقم (12- 22) فرش خلطة المصنع على الجوانب



Compacting with roller

الشكل رقم (12- 23) الدمك بإستخدام المدحلة

و. أزل الاشجار والشجيرات الصغيرة وأية مجموعات حفرية الملاصقة لحافة الطريق.

تشققات فواصل الحواف Edge Joint Cracks:

وهذا ناتج عن ابتعاد الفاصل ما بين الطريق والكتف عن موقعه الأصلي، الشكل رقم(12- 24) وتعامل هذه الحالة كأي تشقق حاصل في سطح الطريق.

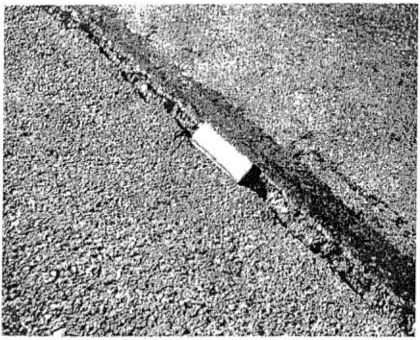


Figure II-24—Edge joint crack

شكل رقم(12- 24) فواصل تشقق الحواف

الأسباب: هو التغير المستمر في الرطوبة والجفاف تحت السطح كتف الطريق، وهذا ينتج عن التصريف الرديء نتيجة ارتفاع الكتف عن سطح الطريق أو مجموعة الحشائش أومن المادة المالئة للفاصل أومن الهبوط الحاصل في حافة الطريق، وهذا مجتمعاً أومنفرداً يسمح للرطوبة والماء بالبقاء لفترة طويلة يتسرب في الفاصل.

ومن الأسباب الأخرى هبوط الاكتاف للطريق، تقلص الخلطة، ضغط الشاحنات التي تسبب انفراج الفاصل.

العلاج والصيانة: إذا كان الماء هو السبب فيجب تحسين نظام التصريف بالدرجة الأولى للتخلص من أسباب حجز الماء وجمعه ثم اصلاح التشقق.

تشققات فواصل مسارب الطريق (lane Joint cracks): هذه تشققات طولية خلال خط اللحام ما بين المسارب على الطريق،الشكل رقم(12- 25).

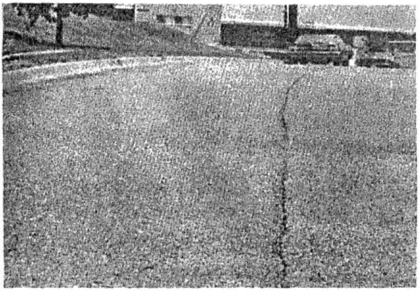


Figure II-25—Lane joint crack

الشكل رقم(12- 25) تشققات فواصل المسارب

الأسباب: هذا ناتج عن ضعف اللحام بين طبقات فرشيات الطريق المتجاورة.

تشققات الانعكاس Reflection Cracks:

هذه تشققات تحدث في الطبقة السطحية الاسفلتية والتي تعكس الشقوق الحاصلة في الطبقات السفلية،(الشكل 2- 26)، ويمكن أن يكون هذا التشقق طولياً أو مستعرضاً أوقطرياً، أو على شكل الطوب (كتليا).



Reflection crack

شكل رقم (12- 26) شقوق النقلص

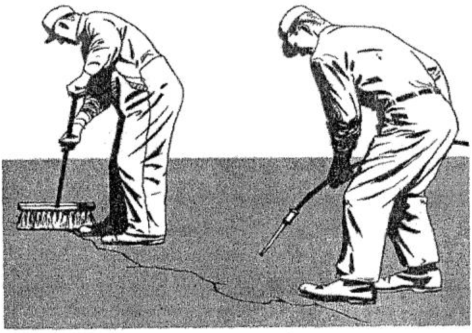
وتحصل هذه الأنواع غالباً على طبقات الاسفلت على الخرسانة الاسمنتية وعلى الطبقات المعالجة بالاسمنت، ويمكن أن تحصل أيضاً في طبقات الاسفلت والتي لا ترى فيها التشققات القديمة التي لم يتم إصلاحها بشكل جيد.

سبب التشققات: أسباب هذه التشققات من الحركات السفلية العامودية أو الأفقية التي تحصل في الطبقات السطحية الاسفلتية نتيجة للتمدد والتقلص من درجات الحرارة والرطوبة، وممكن أن تحصل من حركة السير أوالحركات الأرضية أو قلة الرطوبة في طبقة التأسيس المختلطة مع الطين.

العلاج والصيانة: التشققات الصغيرة الأقل من(3.5) ملم عرضاً من الصعب إغلاقها تماماً، التشققات الأكبر من(3.5) ملم ممكن ملؤها بروية الاسفلت المستحلب أو بالاسفلت السائل المخلوط بالرمل الناعم.

ومن الممكن استخدام مركبات الاسفلت الثقيلة لملأ هذه الشقوق ويتم ذلك ب:

أ. نظف الشقوق بمكنسة قاسية الشعر والهواء المضغوط شكل رقم (12- 27).



Cleaning out crack with broom and air

ب. نظف الشقوق الواسعة ماسحة مطاطية يدوية ومكنسة عادية، واملأها بروية الاسفلت المستحلب اوالاسفلت السائل الممزوج مع الرمل وعند جفافها اختم للإسفلت السائل بإستخدام السطل والممسحة المطاطية اليدوية، الشكل رقم (12- 28).



Sealing with pouring pot and hand squeegee

شكل رقم(12- 28) أ، اغلاق الشقوق



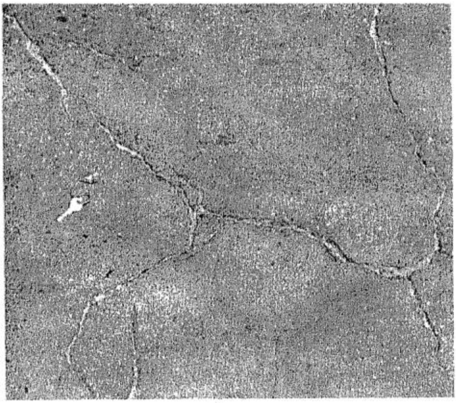
Sprinkling surface with dry sand

شكل رقم (12- 28) ب، رش السطح برمل جاف

ج. رش الرمل الجاف على السطح لتمنع التقاط الاسفلت من قبل السيارات، (الشكل 2- 29).

تشققات التقلص Shrinkage Cracks

هي تشققات متصلة تشكل محيطات واسعة بزوايا حادة، شكل رقم (12- 30).



Shrinkage cracks

تشققات التقلص

أسباب التشققات: أنه لمن يصعب تحديد أن التشققات هذه تحدث بسبب التغير في حجم الخلطة الاسفلتية أو في طبقة الأساس أوطبقة ما تحت الأساس، ولكن على الأغلب انها تحدث نتيجة لتغيرات الحجم في الحصمة الناعمة للخلطة الاسفلتية ذات الاختراق القليل والسير القليل (قلة أعدادالسيارات) يحد من هذه التشققات على الطرق.

العلاج والصيانة: املأ الشقوق بروبة الاسفلت المستحلب متبوعة بطبقة من روبة ملأ الشقوق ولكامل السطح ويتم ذلك:

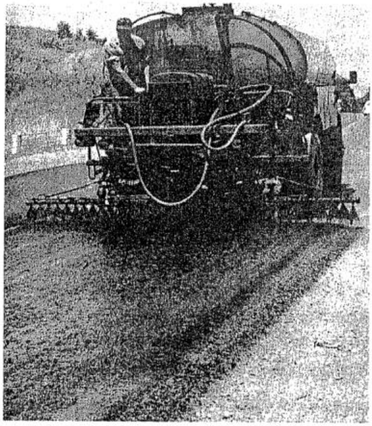
1. أزل أي مواد مفككة من التشققات والسطح بالمكنسة والهواء المضغوط الشكل رقم(12- 31).



-Cleaning shrinkage cracks with compressed air

شكل رقم (12- 31)، تنظيف الشقوق بالهواء المضغوط

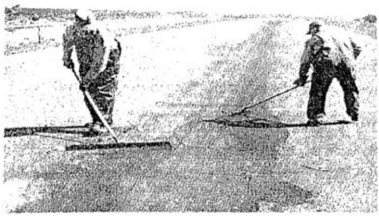
2. رطب السطح بالماء ووجه الشقوق جميعها.
3. رش طبقة لاصقة اسفلتية،الشكل رقم(12- 32) من الاسفلت المستحلب (عندالتأكد أنه لا يوجد ماء حُر) الممزوج بالماءبنفس النسبة.



Applying tack coat

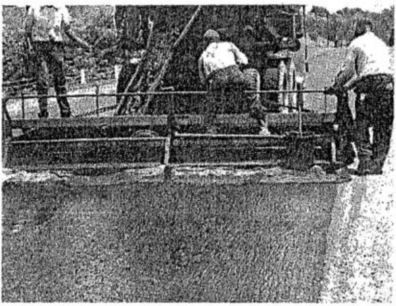
شكل رقم(12- 32)، رش الوجه اللاصق

4. حفرمزيج روبة الاسفلت المستحلب.
5. صب الروبة في الشقوق وسوها مع الضغط، الشكل رقم(12- 33).



Filling shrinkage cracks with slurry seal

6. عندجفاف الروبة حتى التصلب عالج كامل السطح بوجه من هذه الروبة لإغلاق الشقوق، الشكل رقم(12- 34).



Slurry-sealing the surface

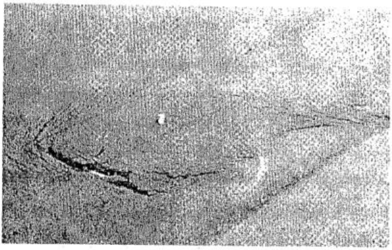
7. انتظرحتى الجفاف والتصلب تماماً ثم اسمح بحركة المرور على السطح.

التشققات المنزلقة Slippage cracks /المتزحلقة:

في بعض الأحيان تسمى التشقق الهلالي التي تشير إلى اتجاه حركة السير وتأثيرضغط العجلات على سطح الطريق(الشكل 12- 35)، ولا يعني هذا أنها تشيربثبات إلى اتجاه حركة السير، فمثلاً لو استخدمنا سيارة تسيرعلى منحدر كوابحها فإن أثر ضغط العجلات يكون معكوساً والانزلاق في هذه الحالة يحدث تشققاً يشير إلى أعلى المنحدر.

سبب التشققات: تحدث هذه نتيجة للنقص في الربط الجيد بين طبقة السطح وما تحته من طبقات، والنقص الحاصل في الربط هو نتيجة للغبار، الزيت، المطاط، الأوساخ، الماء وأي عامل أخر يسبب عدم الالتصاق بين الطبقات، وأيضاًبسبب عدم وجود وجه لاصق بين الطبقات (Tack coat)، ويحصل التشقق

المنزلق أيضاً نتيجة لوجود كمية من الرمل زائدة في الخلطة، ويحصل أحياناً نتيجة تأثير حركة المرور تسبب الدمك غير الجيد أثناء الانشاء بسبب تكسر رابطة الطبقات.

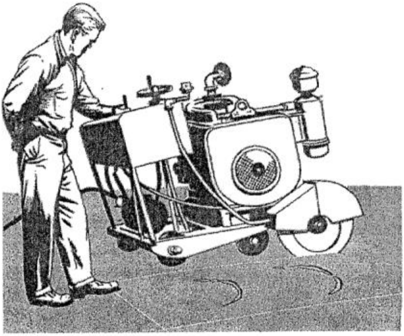


Slippage cracks

شكل رقم(12- 35)، التشقق المنزلق

العلاج والصيانة: أفضل طريقة للإصلاح التشقق المنزلق هو أزالة الطبقة السطحية من حول التشقق حتى تصل إلى نقطة التي بها ربط جيد بين الطبقات، وتتم كالتالي:

أ. أزل المساحة المنزلقة أوعلى الأقل على مسافة 30سم حول التشقق المنزلق، أعمل على أن تكون الحواف مستقيمة وعامودية بإستخدام ماكينة قص الاسفلت أن أمكن، الشكل(12 - 36).



Cutting with power saw

الشكل (12- 36) القص بإستخدام مقص كهرباء أو ديزل

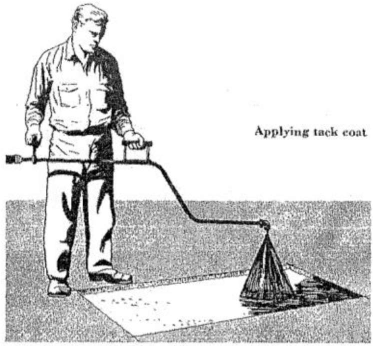
ب. نظف الاسطح جميعها والحواف بمكنسة وهواء مضغوط،الشكل (12- 37).



Cleaning surface of exposed layer

الشكل رقم(12- 37)، تنظيف السطح للطبقة المكشوفة

ج. رش طبقة وجه لاصق (Tack coat) الشكل(12- 38).



Applying tack coat

الشكل رقم (12- 38)، رش الطبقة اللاصقة

د. أفرش كمية من اسفلت خلطة المصنع في المنطقة المحفورة حتى يصبح السطح مستوياً بعد الدمك مع مستوى السطح السابق، الشكل (12- 39).

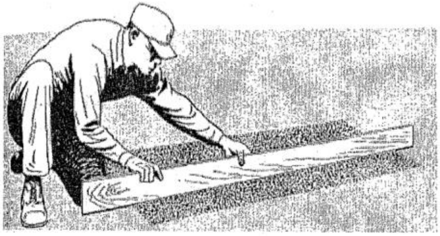


Placing plant-mix in cut

ه. سوِ الخليط جيداً وبحذر حتى تمنع الانفصال في الخلطة، الشكل (12- 40).

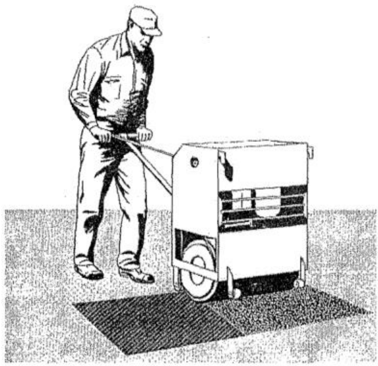


و. تأكد من جودة سطح الطريق بمسطرة أو بخيط، الشكل (12- 41).



Checking with straightedge

ز. أدمــك جيــداً برجــاج ذو الــصفيحة أوبمدحلةحديديــة ملساء،الــشكل (12- 42).



Compacting with roller

التشققات المتسعة (Widening Crocks):

وهي تشققات طولية تعكس التشققات الموجودة في الطبقات السفلية على السطح فوق منطقة الفاصل بين القسم القديم والقسم الجديد عندتوسعه سطح الطريق وأسبابها وعلاجها وصيانتها كما سبق في التشققات المنعكسة.

أنظر الشكل رقم(12- 43)



Figure II-43—Widening crack

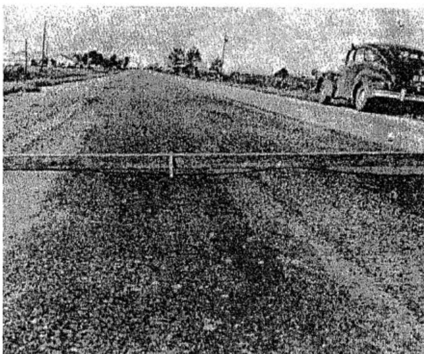
الشكل رقم (12- 43) التشققات المتسعة

التشوه – الالتواء – الاعوجاج (Distortion):

عام: تشوه الطريق هو أي تغير في سطح الطريق عن الشكل الأصلي، والسبب في ذلك يعود إلى قلة دمك طبقات الطريق، كثيرمن الموادالناعمة في طبقةخلطة السطح، كمية الاسفلت كثيرة، هبوط أوانتفاخ في طبقات الطريق السفلية، وكما هو الحال في التشققات فإن التشوه والالتواء له أشكال عديدة منها:

وكما هو الحال مع أعطال الطريق، فإن أنواع التشوه والالتواء وأسباب نشوءها يجب تحديدها قبل إجراء أي علاج صحيح لها، وتختلف تقنيات الصيانة والإصلاح من تسوية لسطح بملأ التشوه بمادة جديدة إلى الإزالة التامة للبقعة أو المساحة المتأثرة/أواستبدالها بأخرى جديدة تماماً، ومن ظواهرالتشوه والالتواء أو الاعوجاج التالي:

1. الأخاديد/القنوات: هذه هبوطات نتيجة مرور عجلات الشاحنات وحركة السيارات على الطريق الشكل(12- 44).



Channels (ruts)

الشكل رقم(12- 44)، القنوات

اسباب الأخاديد: يمكن أن تنشأ هذه نتيجة للرص والحركة الأفقية الجانبية تحت تأثيرحركة السير للطبقة أوالطبقات السفلية أوبإزاحة في طبقة سطح الاسفلت نفسها، وممكن أن تنشأ أيضاً نتيجةحركة المرور لطبقات الطريق الحديثة غيرالمدموكة جيداً أثناءانشاؤها.

وممكن أن تنشا من حركة الاسفلت اللدنة في الخلطة غير المستقرة فلا تتحمل أوزان الاحمال نتيجة لمرور وحركة السيارات على السطح.

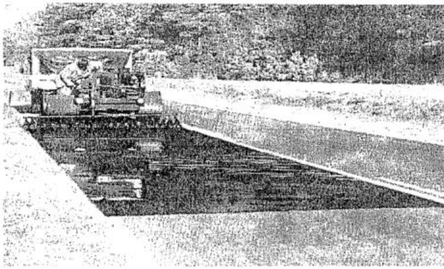
العلاج الصيانة: سوي السطح بتعبأة الأخاديد والقنوات بخلطة أسفلت مصنع ساخنة يليها طبقة خفيفة(وجه) من أسفلت كالتالي:

1. حدد أبعاد القناة/الأخدود بمسطرة أوخيط وأرسم ذلك بطباشير أو قلم ملون(الشكل 12- 45).



Straightedging and outlining channel
(Photo courtesy North Carolina State Highway Commission)

2. رش وجه لاصق من عيار(5.05 – 0.15) جالون/ياردة مربعة من الاسفلت المستحلب المخفف بالماء بنفس النسبة، والشكل(12- 46).



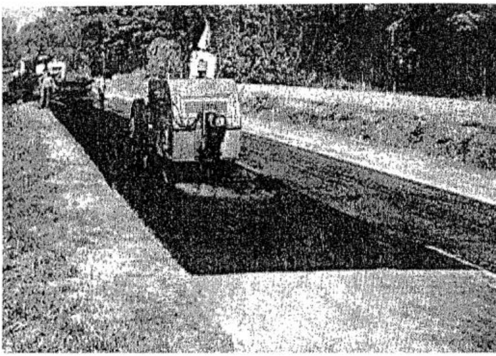
Applying tack coat (*Photo courtesy North Carolina State Highway Commission*)

3. أفرش خلطة اسفلت اسمنتي(صلبة) في الاخدود بواسطة سيارة فراشة الاسفلت، وتأكد من التعشيق والتلاحم عندالحواف، الشكل(12- 47).

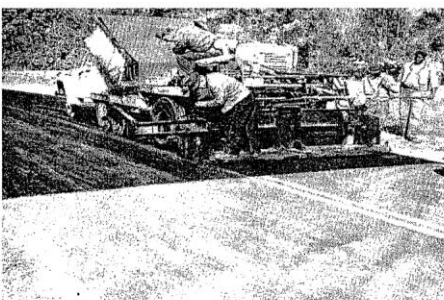


Spreading dense-graded plant-mix
(*Photo courtesy North Carolina State Highway Commission*)

4. ادحل بمدحلة ذات عجلات مطاطية وإن لم تتوفر هذه فإستخدم المدحلة الحديدية الملساء،(شكل 12- 48).



5. افرش طبقة خفيفة من خلطة المصنع الساخنة(الشكل 12- 49).



Placing thin overlay of hot plant-mix material (*Photo courtesy North Carolina State Highway Commission*)

6. أفرش طبقة من الرمل لمنع دخول الرطوبة إلى السطح إذا لم يغطى السطح تماماً بالخلطة أو وجه الإسفلت.

التموجات والانجرافات/التدفعات: التموجات عبارة عن التحرك المرن الظاهر خلال سطح الطريق الشكل (2- 50).



Corrugations

والدفع الانحراف هو نوع من التحرك المرن ناتج عن الانتفاضات عبر سطح الطريق والشكل (2- 51) وتحصل هذه الظواهر عندالنقاط التي يبدأ عندها حركة السير والنقاط والتي تتوقف عندهاحركة السير وحيث يضغط على المكابح على المنحدرات وعندالمنحنيات الحادة وحيث يصدم الشاحنات بكتلة ظاهرة من اسفلت الطريق فتعلو وتنخفض تباعاً.



Shoving

الشكل رقم(12- 51)، الانجراف والاندفاع على الطريق

أسباب النمو التدافعات: تحصل هذه الظواهر في الطبقات غير المستقرة للطريق وسبب عدم الاستقرار يعود إلى الخلطة العينة كثيراً بالإسفلت كبيرة من المواد الناعمة، وشكل حبيبات المواد الناعمة يكون مستديراً وناعماً.

أوالخلطة تحتوي على اسفلت اسمنتي لين جداً أو وجود نسبة رطوبة عالية أوالتلوث من خلال رش الزيوت على السطح، أوالنقص في التهوية عند فرش طبقة الاسفلت اللينة.

العلاج والصيانة: إذا كان من التموج حاصلاً عن أن حصمة الأساس مخلوطة مع طبقة خفيفة فقط من الإسفلت حين معالجتها سابقاً فيفضل أن تكسر هذا الأساس ويخلط مع الإسفلت من جديد ويدمك قبل إعادة طبقة السطح العلوي النهائية، إذا كان سمك التموجات من طبقة أساس ووجه زفتة أقل من (5)سم فيفضل استخدام ماكينة الحف لإزالة هذه الطبقة (الأساس +الزفتة) المعروفة بـ (Heater Planner) ثم يتبع ذلك وجه إغلاق مانع (Seal coat) أو وجه من خلطة المصنع.

الوحدة الثالثة عشر

هندسة المرور

هندسة المرور

(TRAFFIC ENGINEERING)

تعنى هندسة المرور بالاتجاهات ومراقبة حركة السيارات والمارة(المشاة) على الطرق الرئيسية والفرعية، وعليه فإنها تعنى بالتخطيط والتصميم والتشغيل لكل الأجهزةالمساعدة التي تساعد على انسياب حركة السير، وتعنى أيضا بتخطيط الشوارع،الإشارات ،وإشارات المرور، .....وتعنى أيضا بتحسين كفاءة النظام باستحداث شوارع فرعية وجانبية وشوارع ذات الاتجاه الواحد ومراقبةاستخدامها .

ومن مسئولية هندسة المرورأيضا هوإنارة جميع أنواع الطرق والشوارع ضمن مخطط المدينة أوالقرية وتقليل الحوادث ما أمكن وعلى هذه الطرق يتجرى أسبابها والقيام بمعالجتها،إيجارمواقف سيارات هو من مسئوليه هندسة المرورحتى يمنع اكتظاظ السيارات والمركبات سواء على الطرق الداخلية أوالخارجية أوالفرعية.

علامات سطح الطريق (Pavement markings)

في حقب سالفة استخدمت الخطوط الطباشيرالملونة الطويلة بكثرة لبيان منتصف الطريق إما اليوم فنستخدم الدهانات بألوانها أوعلامات طرق مبينة في جسم الطريق لتحديدمعالمها من جوانبها ووسطها وإطرافها ولبيان ممرات المشاة والاكواع والتقاطعات وإشارات السكك الحديدية التي تقطع الطريق ولمواقف السيارات ولتحديدالسرعات وبيان تقاطعات عندالمدارس والمستشفيات وخلافه من إشارات خدمات، وتختلف النماذج والألوان ولكن اصطلاحاتها الآن أصبحت موحدة الإشارات لجميع الطرق والخدمات كما في الشكل رقم(1).

وتختلف هذه العلامات في طولها وعرضهاحسب أهمية الطريق والغرض من استخدام العلامة، وعادة ما يكون طول هذه العلامة على طريق مزدوج(5)أمتار والمسافة بينها وبين العلامة التالية(8) أمتار وبعض الوكالات المتخصصة في تخطيط الطرق ترسم هذه العلامة بطول(3)أمتار والمسافة بينها وبين العلامة

التالية(5) أمتار وبعضهاترسم العلامات المتصلة المستمرة بعرض(10) سم وأطوال مختلفة.

إماالألوان فيفضل أن تكون بيضاء ولكن بالإمكان استخدام اللون الأصفر وهذا يعتمد على مواصفات دائرة السير في تحديد اللون وأين يستخدم.

وهذه العلامات توضع بطرق ميكانيكية أويدوية أوكليهما معاًحسب الأهمية والمكان.

ويمكن إن تكون هذه العلامات متصلة أومتقطعة، مفردة أومزدوجة وربما تكون كتابة على سطح الطريق أوأسهماً بإشكال مختلفة(مستقيمة أو معوجة).

إشارات جوانب الطرق (signs):

أكثرجهاز متعارف عليه للتحذير،التنظيم، وإعلام السائقين هي الإشارة على جانب الطريق، ويتوجب على السائقين التقيدبهذه الإشارات التي غالباً ما توضع على طول جوانب الطريق وعلى اكواع الطريق وعلى الجسور وعلى مستويات الطريق(الانحدار والصعود)، وهذه الإشارات رسمها وإبعادها وتثبيتهامنوطة بدائرة السيرعلى الطرق.

والجدول رقم (13- 1) التالي يبين شكل ولون وحجم والغرض من استخدام الإشارة في بعض الدول.

الغرض من الإشارة	الشكل	اللون	اقل بعد بالإنش
تحذير من تجمعات	معين	اسود على اصفر	24◆24
تقاطع سكة حديد	قرص	اسود على اصفر	قطر 30
ضابط/منظم	مستطيل عامودي	اسود على ابيض	24◆18
وقوف	ثماني	اسود على اصفر أو ابيض على احمر	30◆30 غير حضري/زراعية
	مستطيل عامودي	احمر على ابيض أو	24◆24 حضري
موقف	مستطيل أفقي	اخضر على ابيض	18◆12
معلومات	ترس	اسود على ابيض أو ابيض على اسود	18◆12
		اسود على ابيض	
علامات الطريق			18◆12

الجدول رقم (13- 1) يبين الغرض من استخدام الإشارة

ويرغب أن تكون الإشارة ذات إبعاد كبيرة نسبيا للسرعة،التجمعات، أماكن التصادم بالخبرة أوالتحذير من الأضواء.

ولا يرغب بالإشارات الكبيرة جداً، والإشارات غالباًما تصنع من المعدن المدهون ضدالصدأ ومقاوم للماء، وفي بعض الأحيان تستخدم إشارات مصنعة من الخشب المعاكس أوالمضغوط أومن الألواح خشبية.

ويجب إن تكون مثبتات هذه الإشارات جميعها من براغي وصواميل وأعمدة تعليق........ غيرقابلة للصدأ.

ويتوجب إن تكون بعض الإشارات عاكسة ليلاً ليسهل رؤيتها أومضيئة حسب أهمية الإشارة.

فمثلاً إشارة في منطقة غيرحضرية/الزراعية يجب تثبيتها على مسافة (2- 3) أمتار من جانب الطريق وعلى ارتفاع عن سطح الطريق لايقل عن (3)أمتار.

أماالكتابة على هذه الإشارات إن لزم فيجب إن تكون واضحة ومقروءةجيداً عن بعد(مزج الخط- سماكته- حجمه- المسافات بين الكلمات) ويسري ذلك على الأسهم.

إشارات المرور Signals:

كل الأجهزة العاملة بالطاقة،التوجيه،التحذير للسائقين والدارجين والمشاة تصنف على أنها إشارة مرورية وتركب هذه الأجهزة بطريقة خاصة تمكن من:

تنظيم حركة المرور:

1. تخفيف وتقليل بعض أنواع الحوادث.
2. تساعد في المرور بشكل مستمر عند سرعات مختارة.
3. لضبط السرعة على الطرق السريعة.
4. تقطيع المرورالكثيف لعبور المركبات والمشاة على الطرف الأخر.
5. توجيه المرور لبعض المسارات والطرق.
6. التحذير والتحكم في المرور عند تقاطعات السكك الحديدية، الجسور، أماكن الاكتظاظ.
7. تنظيم حركة المرور.

اشارات المرور عندالتقاطعات Signals for Intersection Control

مواصفات وخواص الإشارة: Characteristics of signals

معظم الإشارات الحديثة عندالتقاطعات تعمل بالكهرباء، وكل إشارة تتكون من ثلاث عدسات احمر،اصفر، اخضر، قطر كل منها(20)سم أو أكثر، وكلها تضئ من المصدر الكهربائي.

وتضاف بعض الإشارات في بعض الأحيان عندالالتفاف(إشارة التفاف)تتكون من عدسة واحدة وربما تكون مضاءة دائماً أومؤقتاً، وتثبت هذه الإشارات على حوامل عامودية وحوامل أفقية للرؤيا البعيدة، وارتفاع الإشارة على جانب الطريق يتراوح ما بين(2.50- 3.50)متراً فوق سطح الطريق(الرصيف).

والإشارات المعلقة على الطرقات السريعة وحتى الداخلية منها يفضل أن يكون ارتفاع ما بين(4.50- 5.50) متراً.

موقع الإشارة: Signal location

ليس هناك مواقع محددة للإشارات كجداول أوبيانات، ولكن هذا متروك لمهندس المرورالمسئول في تلك المنطقة، وعلى كل يجب إن تكون الإشارة مرئية بوضوح من بعد وارتفاعها وموقعها مناسبين لتسهيل الرؤيا بالنسبة للسيارات أو عابري الطريق.

إنارة الطرق السريعة والشوارع
Street & Highway Illumination & Lightning

من خلال دراسات دائرة السيرلحدوث التصادمات على الطرق وجد إن حوادث الليل تفوق مثيلاتها بالنهار بثلاث أضعاف اعتماداً على إن الرؤيا ليلاً اقل بكثير من ذلك في النهار، ومن هذا المنطلق اتجهت النية إلى إنارة الشوارع والطرق الخارجية والداخلية وبداية التفرعات من الطرق الرئيسية.

مبادئ إنارة الطرق السريعة والشوارع:

حين يبدو الجسم داكناً أكثر من الأصل فان هذا ناتج عن ظل الجسم فإذا كان الجسم فاتح اللون أكثر فان الظل يقل كثيراً.

فإذا كانت شدة الاضاءة المباشرة تعادل – قدم –شمعة على الطرف الأخر المقابل من الطريق للسائق فانه تستطيع الرؤيا ودون وجود الظل.

والهدف الرئيسي من الإنارة هو إيضاح الطريق بحيث لا ترى ظلالاً، وحيث يكون حجم المرور والمارة(المشاة) صغيراً فان معدل سطوع السطح بمقدار 0.2 أفقي قدم – شمعة يكون كافياً.

وشدة الضوء يجب زيادتها على الطرق الخارجية ذات الأهمية وعلى التقاطعات، واكبر سطوع تحتاج إليه في الشوارع التجارية وهو بمقدار 1.2 أفقيا قدم شمعة.

وللطرق الخارجية حيث يتحكم بالمداخل فإن المستوى المنصوص عليه من قبل AASHO هو 0.6 قدم شمعة.

هذه للطرقات ذات العكس المتوسط(انعكاس)، ولكن إذا ما كان الانعكاس ضعيفا فتزاد الإضاءة بنسبة 50٪ وإذا ما كان الانعكاس ممتازا يمكن إنقاص بنسبة 20٪.

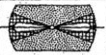
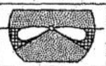
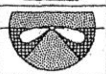
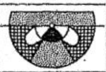
تركيب إنارة الطرق الخارجية Highway lighting Installations

مصدر الإنارة: إنارة الشوارع والطرق الخارجية عادةً ما تكون من نوع نجار الصوديوم أو الفتيلة(السلك) أو نجار الزئبق أومن نوع الفلوريسنت، وتحدث هذه الأنواع إنارة جيدة حتى لو لم يكن اللون واضحاً لعدم أهميته ليلاً، وأكث الأنواع الأربعة شيوعا هو نوع مصباح الفتيلة، السلك فهي تعطي لوناً مريحاً وغيرمكلفة ومتوفرة بأحجام مختلفة تتراوح ما بين (1000- 25000)لومن.

ومـن الناحيـة الأخـرى فهـي تـستهلك طاقـة اكـبرمن الأنـواع الأخـرى، وتـستخدم إنـارة نجارالصوديوم عندنقاط التجمع حيث تعود السائقون على اللون الأصفر البرتقالي ويتميز هذا النوع بالدوام الطويل والكفاءة العالية، إماالإنارة بنجار الزئبق فقد زاد استعماله حالياًنظرا لكفاءته العالية ولون الإنارة ابيضاً مزرقاًمع قليل من الاحمرار.

إماالإنارة بالفلوريسنت فتركب تحت مستوى عين السائق على جوانب الطريق لتوفر إنارة مستمرة وأحياناما يستخدم هذا النوع لإنارة الإنفاق وممرات المشاة السفلية، وتتأثر إنارة الشوارع بنوع الإنارة وارتفاعها عن سطح الطريق والمسافة بين أعمدة الإنارة، والجدول رقم(13- 2) يبين نوع ووصف ونموذج واستخدام الإنارات المختلفة.

الجدول رقم (13- 2) يبين أنواع إنارة وإضاءة الشوارع والطرق السريعة

Type	General Description	Pattern of Light Distribution	Typical Applications
I	2-way (or 4-way) light distribution		For mounting over center of street or (4-way) in the center of intersections
II	Narrow asymmetric lateral distribution (2-way or 4-way)		For mounting on one side of a relatively narrow roadway or (4-way) at one corner of a right-angle intersection
III	Medium-width asymmetric lateral distribution		Wider-spread beam for mounting on one side of wider roadways
IV	Wide asymmetric lateral distribution		For side of road mountings
V	Symmetrical distribution		For mounting near the center of roadway or at intersections

Types of luminaires employed for street and highway lighting

مواقف السيارات (PARKING):

ازدياد أعدادالسيارات سبب نشوء مشكله في أيجادالمواقف في المناطق الحضرية، فوقوف السيارات في الشوارع يعطل حركةالسير في تلك المنطقة وحتى صعوبة تنظيف الشوارع ولذلك اجبرأصحاب المحلات التجارية والشوارع ذات الاكتظاظ بالسيارات على إيجادمواقف السيارات في بناياتهم لإبقاءالحركة التجارية في تناغم تام، ويلاحظ اكتظاظ السيارات في وسط المدينة دائماً حيث تكتظ بعدد كبير من الناس الذين يؤمون هذه المدينة من الخارج ومن المدينة نفسها لتصريف أمورهم المعيشة والحياتية.

ومن الحلول المقترحة لتخفيف ازدحام السيارات في قلب المدينة تخفيف الحركة التجارية في وسط المدينة بنقل بعض المتاجر والمحلات إلى مناطق أبعد وكذلك إيجادمواقف كبيرة للسيارات قبل دخول المنطقة التجارية والسيرعلى الأقدام فيها بدلاً من التنقل بالسيارات، مع إن هذا يسبب خسائراقتصادية إلا أن هذا الحل مريح للتنقل ومراقبة الحركة.

الوقوف(الموقف) على جانب الطريق:(On Street Parking):

الشكل(6) يبين المساحات اللازمة للوقوف والمناورة للوقوف في هذه المساحات،

أنواع الوقوف:

1. أن يكون متوازياً مع حجرالاطاريف(موازٍ لحافة الشارع طولياً).
2. أن يكون متعامداً مع حجر الاطاريف.
3. أن يكون مائلاًبزاوية(قطريا)بزاوية °45 أو°60.

ومن حسنات الوقوف الموازأن لا يسبب تعطيلاً لحركة المرور ويقلل حوادث المرور.

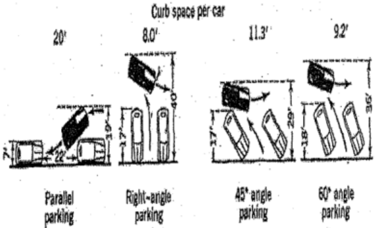
إما سيئاته فانه يحتاج إلى مساحات أوسع للوقوف، وعددالسيارات أقل وسعة الشارع تنخفض ويوصى بإستخدام هذا النوع حين يكون اتساع الشارع لايقل عن (25)متراً.

وفي المناطق المكتظة كوسط المدينة فإن عرض الرصيف يكون أقل من المعتاد لإستيعاب حركة السيارات ولحجز أماكن لتحميل والتنزيل في هذه الأماكن.

وفي بعض الأحيان تغلق الشوارع الفرعية المؤدية إلى وسط المدينة لمنع تجمع إعداد كبيرة من السيارات في وسط المدينة خاصة في الصباح والمساء (Rush hours)

وفي بعض الأحيان أيضاً تستخدم عدادات الوقوف(أي تقف السيارة لفترة محدودة لقاءمبلغ من المال في هذا المكان ثم تخرج) ولكن هذه العدادات قد سببت حرجاً لأصحاب المتاجر وقللت من دخولهم(خسارة أقتصادية).

والشكل رقم(13- 1) يبين المساحة اللازمة للوقوف والمناورة للدخول وخروج المركبة.



Street space required to park and maneuver automobiles

شكل رقم(13- 1)، المسافة المطلوبة للوقوف والمناورة

الوقوف(المواقف)خارج حرم الشارع (OFF Street Parking):

تتراوح المساحة الإجمالية اللازمة لكل سيارة في موقف سيارات أو كراج ما بين(225- 300) قدم مربع.

وفي العموم فتعتمد هذه المساحة على وجودمرشدين للوقوف،حينما يتواجد المرشد تكون المساحة المطلوبة أقل، وكذلك تعتمد على مساحة البناء، وموقع البناء(مداخل ومخارج البناء) وارتفاع البناء(عددالطوابق)، وللمناطق التجارية الكبيرة(المولات مثلاً) فان المساحة الإجمالية للكراجات إجمالاً تزيد بواقع (2.50- 3.0) مرات.

واختيار نوع المواقف وتجهيزاتها في موقع ما هو مهمة اقتصادية، فثمن الأرض والمبنى والملحقات وعمرالإدامة للمبنى وكلفة التشغيل والصيانة والضرائب يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار لعمل التصميم المناسب.

ومن أنواع المواقف الخارجية:

مواقف الساحات(Parking Lote): موقعه خارج الشارع وتقسم المساحة بواسطة حجر رصيف أومصدات أرضية وأرضيته من الخرسانة أو من الاسلفت غالباً.

ويخطط لخانات الوقوف(عامودي أوبزاوية) والمداخل والمخارج، ويلجأ إلى نوع هذه المواقف حينما تكون كلفة وثمن الأرض رخيصة نسبياً.

مواقف الطوابق المتعددة (Multistory Parking Buildings):

هذه مواقف على أسطح الطوابق ليس بينها قواطع أوجدار أسقفها واطئة وتتصل بمداخل ومخارج حلزونية(لفات) منحدرة بنسبة ميل(1:10)صعوداً أو نزولاً (Ramp) وتنشأ هذه المواقف في المدن الكبيرة ذات الأكتظاظ السكاني الكبير وحيث ارتفاع إثمان الأراضي وتحدد عددالطوابق غالباً بخمسة طوابق فإذا زادت عن ذلك،

فيتوجب وجود مجموعة مؤهلة من المرشدين يقومون هم بقيادة هذه السيارات إلى الطوابق العليا وإعطاء البيانات لصاحب السيارة أن لزم، وهذا يوفر الوقت وترتيب السيارات بشكل يضمن استيعاب اكبر عدد منها، ولكن هذا يزيد الكلفة ويؤثر على الحالة النفسية ربما لصاحب السيارة.

مواقف تحت الأرض (Under Ground Parking Garages)

كلفة هذه المواقف تكون اكبر منها للمواقف فوق سطح الأرض وتتسع هذه المواقف التي تكون غالباً في مناطق تجارية إلى أكثر من(1000) سيارة وتحتاج هذه المواقف إلى خدمات تحتية وإنشاءات ضخمة(كونها تحت مستوى التربية) وصيانة جيدة.

مواقف ميكانيكية(Mechanical Parking Garages):

تستخدم هذه المواقف المصاعد الضخمة التي توصلها للمستوى المطلوب أفقياً وعمودياً، وهذا النوع يحتاج إلى عمالة أقل حيث يحتاج كل مصعد إلى عامل واحد فقط.

تصل السيارة إلى الموقف إما بواسطة سائقها الذي يصعد مع سيارته في المصعد وعند الوصول يفتح باب المصعد ويسوق السيارة صاحبها إلى المكان المطلوب أو توضع السيارة دون صاحبها في المصعد وينقلها المصعد إلى المستوى المطلوب ثم يفتح باب المصعد وتنقل السيارة أفقياً إلى المكان المطلوب وكل هذا يتم أوتوماتيكياً.

وحسنة هذا النوع من المواقف انه أكثر اتساعا بما يزيد على (20)٪ من المواقف متعددة الطوابق ولا يحتاج إلى منحدرات(Ramps) ويمكن استخدام في المساحات الضيقة وإمكانية زيادة عدد الطوابق للمواقف.

ومن سيئاته إنه يحتاج إلى صيانة مكثفة دائماً، وكذلك خطورة توقف المصعد وحجزالسيارات حتى يتم تصليحه وإنزال وإخراج هذه السيارات.

مواقف الباصات والشاحنات:(Trucks &Bus Terminals):

في بعض المدن الكبيرة يتغلب على الأزدحام في المناطق التجارية والصناعية بتوفيرمواقف خاصة خارج الشارع للشاحنات والباصات ولكنها قريبة من المناطق ثم يتم نقل الركاب في حافلات خاصة مهيئة إلى مناطق تجمع هذه المجمعات التجارية والصناعية.

موقف الأبنية السكنية:(Residential Parks):

في البنايات الداخلة ضمن حرم أمانة عمان الكبرى يتوجب وحسب النظام إن كل بناية يجب أن يتوفر فيها كراجات ومواقف لخدمة قاطنيها، وخاصة في مباني الشقق السكنية التي تنص فيها القوانين على تخصيص أرضية سطح طابق كامل ككراجات ومواقف للشقق، إماالشقق السكنية الأهلية غيرالتجارية فيتم تخصيص مواقف للسيارات حسب نوع التنظيم لذلك المبنى بمعنى أن:

سكن تنظيم (أ) ،(ب) فيتوجب أن يكون لكل شقة كراج واحد.

سكن تنظيم (ج) فلكل شقتين كراج واحد.

مواقف بالأجرة:(Rent a park):

هذه مواقف خارج حرم الشارع لأشخاص يجهزون متسعاًمن الأرض ويجهزونه لإستقبال سيارات مقابل أجرة يومية أوشهرية وغالباً ما تكون هذه المواقع محاذية تقريباًللمحلات التجارية والأسواق وتدر دخلاً جيداً على أصحابها، وتحل مشكلة التوقف في نفس الوقت للتسوق وإيقاف السيارة.

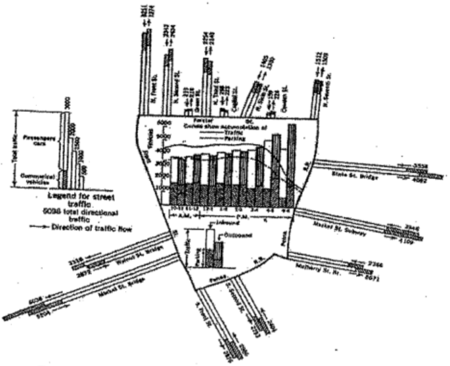
مسح الموقف PARKING SURVEY:

للحصول على أي معلومات دقيقة حول احتياجات ومتطلبات المواقف في المناطق الرئيسية يتطلب مسحاً شاملاً جدياً من خلال ثلاث محاور:

1. تجميع وتدقيق المعلومات حول المواقف: من حيث الموقع، النوع، السعة، الملكية – التشغيل وغيرهامن المعلومات.
2. مقابلات شخصيةحول المواقف: لتحديدالإستفادة من الخدمات القائمة منها والمتطلبات المستقبلية، وتمتدالمقابلات أسابيع لتغطية منطقة المواقف في خلال ساعات العمل ليوم الواحد، وتشمل الرخص مصادره وأرقامها، نوع المركبة، وقت الوصول والمغادرة ونوع وموقع الموقف الذي استخدم، ويسأول السائقون عن عناوين منازلهم، مكان الإنطلاق الأصلي، الغرض من الرحلة والوجهة التي يقصدونها في هذه الرحلة، وكذلك عدد السيارات في المناطق الجانبية.
3. يحددعددالسيارات التي تدخل المنطقة من جميع الشوارع وتخرج منها خلال ساعات النهار كاملة بالإستعانة بالعداليدوي مبيناً أنواع وأرقام السيارات.

تحليل المعلومات: وتحلل المعلومات التي حصل عليهامن الميدان بإستخدام الكمبيوتر وعلى أي حال فإن تحليل المفايلات التي أجريت في المواقف، وغيرها وتسريعها وتحديث المعلومات فيها بواسطةجداول التصنيف والفرز والجمع،ومن خلال تحليل المعلومات يمكن التعرف على حركة السيارات واستكشاف أفضل المواقع والسعات لإضافة الخدمات للمواقف.

الشكل رقم(13- 2،13- 3) يبين مجموعتين من النماذج التي تبرمج المعلومات إلى نموذج يمكن التعامل معه.



Entering, leaving, and parked vehicles in the central business district of a city of 175,000 population. Parking and traffic data cover a weekday between 10 A.M. and 6 P.M. (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم(13- 2)

مداخل ومخارج السيارات في منطقة تجارية ويبين مواقف السيارات ايضاً

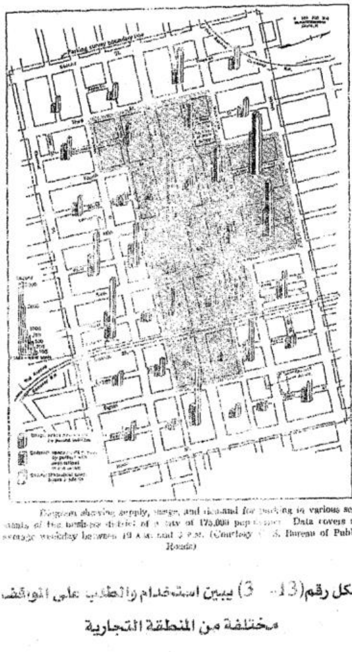


Diagram showing supply, usage, and demand for parking in various segments of the business district of a city of 175,000 population. Data covers an average weekday between 10 A.M. and 6 P.M. (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم(13 - 3) يبين استخدام والطلب على المواقف في مناطق مختلفة من المنطقة التجارية

التنبؤ لمتطلبات المواقف في جميع القطاعات هو الجزء الأهم من هذا التحليل، والمتطلب الفوري هو الوقوف الصحيح وغير الصحيح في المنطقة، المناطق الهامشية وتقدير المواقف الإضافية يمكن أن تعطي الراحة للمواقف، المتطلبات المستقبلية تقاس من تنبؤات المرور والنمو التجاري.

ويجب التعاون التام بين الناس والقائمين على هذا المسح وكذلك تعاون أجهزة الإعلام — الصحف، الراديو والتلفزيون لإمكان الوصول إلى دراسة مفيدة للتخطيط المستقبلي ولحل الازمة القائمة للمواقف.

التقاطعات وانواعها Intersections & Types:

التقاطع هي المساحة التي يلتقي عندها وفيها أكثر من طريق أن كان على نفس الارتفاع أو على ارتفاعات مختلفة، وتشتمل أيضاً بالإضافة إلى المساحة المخصصة لحركة السيارات مساحات مخصصة للمشاه، الجزر وتتناسب هذه التقاطعات في المساحة مع سرعات السيارات ونوع المسارات ووجود موقع هذه التقاطعات.

انواع التقاطعات:

أغلب الطرق تتقاطع على مستوى واحد بحيث تكون مساحة التقاطع هي جزء من الطرق، وعلى هذه المساحة يجب أن تحصل جميع حركات الالتفافات والتقاطعات والشكل يبين تقاطعات نموذجية على مستوى واحدمتدرجة من المستوى البسيط إلى المستوى المعقد.

فالشكل(13 - 5/أ) يبين تصميم أبسط التقاطعات فالطريق تمتد إلى الخارج لتقابل حواف قوساً دائرياً يربط حواف الطريق على الترتيب ليسهل حركة السيارات إلى اليمين، والتقاطعات الطرق ذات كثافة السير القليلة لا داعي لمعالجة إضافية مع وجود إشارات ضوئية ومراقبة مرورية.

وعلى أي حال فحسب أهمية المسري أوالمسارب يزاد بعض أشكال المسارات والمسارب إلى التصميم الأصلي، فمثلاً، الشكل (13- 5/ب)، يبين التقاطع تقاطع الشوارع الفرعي (Cross street) مع الخط السريع المفهوم ب طريق [illegible] استخدمت الأدوات الإضافية التالية: خط التسارع ومسار خفض التسارع لتفريغ

مسرب السرعة لكلا الاتجاه الأيمن والاتجاه الأيسر للمركبات،جزر وسطية لتحديدالمسار، جزر للمشاة، خطوط مسار المشاة.

واحصاءالمركبات بدقة والتقدير للمستقبل شاملاً البيانات لأي حركة التفافية يساعد كثيراً في تصميم التقاطعات.

والمعلومات المرورية متزامنة مع معرفة استيعاب المسارات يقود إلى اتخاذ قرارات بعدد المسارات اللازمة.

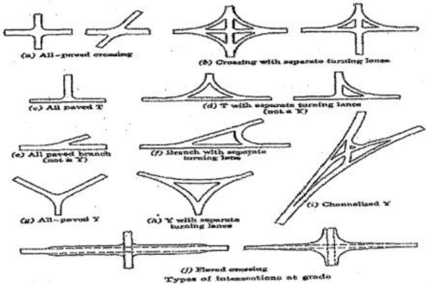
والسرعة التي عندها تقترب المركبة أو تتحرك خلال التقاطع ستتحكم في الأبعاد خاصة مسافة الرؤيا في جميع الاتجاهات وقطر المنحنيات وكذلك الحاجة إلى إشارات ضوئية حالية أومستقبلية سيتحكم أيضاً في أشكال التصميم عند تخطيط التقاطعات، يجب الأخذ بعين الاعتبار خصائص السواقين والمركبات واحتماليات حوادث الصدم وتكراراتها وشدتها، ويجب إرشاد السائقين إلى المسارات الصحيحة ومنعهم من عمل أخطاء غيرمحسوبة.

وأن من المهم تقليل المساحات الفارغة للهروب ما أمكن بإستخدام الجزر الموجهة التي تحدد المسار مباشرة، والطريق والجزر التي تزود الاتجاه عند انقسام جموع السيارات يجب أن تقود إلى الدخول بزاوية سهلة صغيرة، وأن لمن المفضل استخدام جزيرة كبيرة عوضاً عن عدة جزر صغيرة،حيث أن الجزيرة الكبيرة لا تحير السائقين أثناء قيادة مركباتهم.

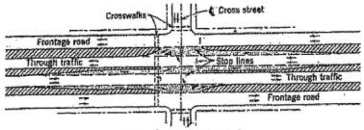
وأغلب التقاطعات الهامة يجب أن تتسع للشاحنات الكبيرة وقطر المنحنيات يجب أن يكون طويلاً لذلك، والحافة الداخلية لإنحناءة(90) عندتقاطع سرعة بطيئة فإن AASHO توصي باستخدام ثلاثة مراكز للمنحنى المركب مع اقطار (120، 38، 120) قدم على الترتيب.

وفي بعض الأحيان فإن دراسة لتدفق الشاحنات تشيرإلى وجود فئة قليلة فقط من الشاحنات تدور بشكل صحيح عندتقاطع معين، فإذا كانت هذه الاستدارة ستعقدالتصميم أو تزيدالازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الاحتياط للإستدارة ستعقدالتصميم أو تزيدالازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الأحتياط للاستدارة من مكان آخر، فمثلاًمركبة ترغب بالالتفاف يساراً كثيراً ما توجه إلى اليمين كلياًحول القطعة المجاورة ثم الدخول إلى التقاطع مع اتجاه السيارات العادي.

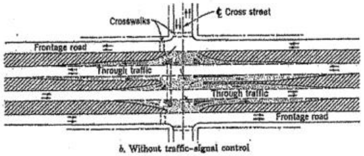
وتختبربعض تصاميم التقاطعات المعقدة بالأستخدام الحقيقي وفي هذه الأحوال فإنه من السائد وضع جزر لتحديد القنوات من أكياس الرمل التي ممكن إزاحتها بسهولة، ورش الرمل على طول الطريق معناه تحديد مسار السيارات، وبعد الموافقة على التصميم يباشر بتثبيت التقاطعات والجزر كماالواقع، والشكل رقم (13- 4)، (13- 5) يبين ذلك



الشكل رقم(13- 4) يبين انواع التقاطعات



a. With traffic-signal control



b. Without traffic-signal control

Typical intersection at grade between an expressway with frontage roads and a cross street

الشكل رقم(13- 5) يبين التقاطعات على الطرق الخارجية

التقاطعات الدوارة Rotary Intersections:

التقاطع الدوار هو التقاطع الذي تدخل فيه جميع المركبات من اتجاه واحد وتخرج من اتجاه واحدحول جزيرة وسطية.

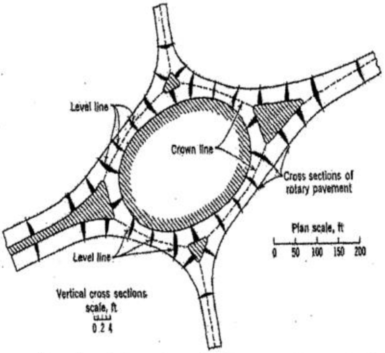
قل استخدام مثل هذه التقاطعات حالياً وذلك للحاجة لمساحة كبيرة للتقاطع والحاجة إلى إرشادات كثيرة على التقاطع وربما الحاجة إلى إشارات ضوئية في بعض الأحيان.

ومن فوائدمثل هذا التقاطع:

1. سهولة الالتفاف إلى اليمين أواليسار.
2. تنظيم حركة السير وعدم التوقف إلا إذا استخدمت إشارات ضوئية.

3. كلفة أقل من باقي أنواع التقاطعات.
4. يستخدم في المناطق التي فيها كثافة سير عالية.

والشكل رقم (13- 6) يبين هذا التقاطع



Plan of a typical rotary intersection (Courtesy American Association of State Highway Officials)

التقاطعات المنفصلة Grade Separation

عندتقاطع طريق سريع مع أخر بنفس المستوى فإن السعة تنخفض عنها للتقاطعات علاوة على تخفيض سرعة السيارات أوحتى توقفها للسماح للقطع والانعطاف مع وجوداختناق مروري وربما تصادمات على هذه الطرق.

لحل هذه المشكلة يستخدم ما يسمى بـ التقاطع المنفصل،حيث تزداد سعة المرورعلى المسارب وتستطيع الحافلات السيربسرعات منتظمة تقلل الوقت وكلفة التشغيل وتحد تماماًمن التصادمات.

في نفس الوقت تزداد المنشآت وتكلفة الصيانة وعليه فلا يستخدم هذا النوع إلا إذا كان هناك تدفق كبيرجداً للسير على الطرقات.

واحتياطات التقاطع المنفصل ما بين الطريق السريع والشوارع العادية المختارة لتحمل المرورعبرها سهلة نسبيا باستخدام الجسور وترتيبات الدخول والخروج السهل بين تقاطع الشوارع وسطح الأرض أوالطرق الحرة السريعة المنخفضة ليست صعباً إذا والشكل(34) يوضح ذلك، وكقاعدة فإن الطرق السريعة المرتفعة تشكل صعوبة زائدة.

وحيث أن أقل أرتفاع فوق طريق سريع هو(4.5) متر فإن مستخدمي التقاطع يجب عليهم استخدام درج مرتفعاً بـ(5) أمتار ولكن باستخدام التقاطعات السفلية فإن الارتفاع يبلغ قرابة(3) أمتار.

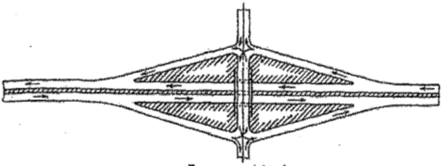
وأكثرالتقاطعات استخداماً هو نوع تقاطع ورقة البرسيم (Clover leaf) كما في الشكل(35- d)، وفيه يكون التقاطعات الشريانية منفصلة وكل الثماني (8) انحناءات سهلةخالية من التقاطعات حيث تمر السيارات.

ومن حسنات هذه التقاطعات:

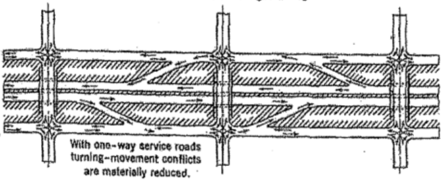
- زيادة سعة السيربشكل ملحوظ.
- عدم تخفيض السرعات عندالمنعطف يميناً أويساراً.
- زيادة الأمان اثناء السير على المنعطفات.

ومن سيئاته:

- زيادة كلفة الإنشاء.
- احتياج مساحات واسعة من الأراضي.
- يمكن أن يسبب تشويشاً على ذهن السائق لتعقيدالتقاطع.



a. For narrow right of way



b. Combined with outer highways

Plans of typical depressed freeways, showing arrangements for access and egress (Courtesy American Association of State Highway Officials)

الشكل رقم(13- 7) يبين تقاطعات مبين عليها المداخل والمخارج

هندسة الطرق



مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

الأردن-عمان -وسط البلد- ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري- تلفاكس: 2739 463 6 962+
خلوي5651920 79 962+ ص.ب 8244 الرمز البريدي 11121 جبل الحسين الشرقي

الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري

www.muj-arabi-pub.com

E-mail:Moj_ pub@hotmail.com

9789957525682